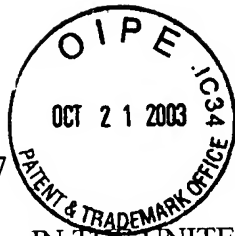


P23522.P07



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Masami SHIRAI et al.

Appln No. :10/602,862

Group Art Unit: Unknown

Filed : June 25, 2003

Examiner:Unknown

For :SURVEYING SYSTEM

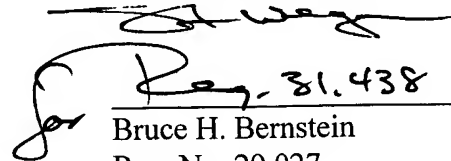
**SUPPLEMENTAL CLAIM OF PRIORITY
SUBMITTING CERTIFIED COPY**

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Further to the Claim of Priority filed June 25, 2003 and as required by 37 C.F.R. 1.55, Applicants hereby submit certified copies of the applications upon which the right of priority is granted pursuant to 35 U.S.C. §119, i.e., of Japanese Application Nos. 2002-188125, filed June 27, 2002 and Appln. No. 2002-185686, filed June 26, 2002.

Respectfully submitted,
Masami SHIRAI et al.


Reg. No. 29,027

September 17, 2003
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.
1950 Roland Clarke Place
Reston, VA 20191
(703) 716-1191

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-188125

[ST.10/C]:

[JP2002-188125]

出 願 人

Applicant(s):

ペンタックス株式会社

ペンタックス プレシジョン株式会社

2003年 4月 1日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特2003-3022566

【書類名】 特許願

【整理番号】 AP02324

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 11/00
G01C 15/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区前野町 2 丁目 3 6 番 9 号 旭光学工業株式
 会社内

 【氏名】 白井 雅実

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区前野町 2 丁目 3 6 番 9 号 旭光学工業株式
 会社内

 【氏名】 上園 忍

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区前野町 2 丁目 3 6 番 9 号 旭光学工業株式
 会社内

 【氏名】 津田 浩二

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都板橋区前野町 2 丁目 3 6 番 9 号 旭光学工業株式
 会社内

 【氏名】 小川 良太

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都練馬区東大泉 2 丁目 5 番 2 号 ペンタックスプレ
 シジョン株式会社内

 【氏名】 三村 武志

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都練馬区東大泉 2 丁目 5 番 2 号 ペンタックスプレ
 シジョン株式会社内

【氏名】 片 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都練馬区東大泉 2 丁目 5 番 2 号 ペンタックスプレ
シジョン株式会社内

【氏名】 中村 健一

【特許出願人】

【識別番号】 000000527

【住所又は居所】 東京都板橋区前野町 2 丁目 3 6 番 9 号

【氏名又は名称】 旭光学工業株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000116998

【住所又は居所】 東京都練馬区東大泉 2 丁目 5 番 2 号

【氏名又は名称】 ペンタックスプレシジョン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090169

【弁理士】

【氏名又は名称】 松浦 孝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 050898

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9002979

【包括委任状番号】 9806416

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 測量システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測量現場の概観画像との間の位置関係を算出する位置関係算出手段と、

前記位置関係から、前記測点の測量情報と前記測点に対応する前記概観画像上の位置に関する位置情報とを対応付ける対応付け手段と、

前記概観画像を表示する画像表示手段と、

前記測量情報と前記概観画像の位置情報との対応付けに基づいて前記測点の位置を前記画像表示手段により表示された前記概観画像上に表示する測点表示手段と、

前記画像表示手段により表示された前記概観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位置を報知する縮退報知手段と

を備えることを特徴とする測量システム。

【請求項 2】 前記測点の測量情報を得るための測量手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 3】 前記位置関係が、3 以上の任意に設定された基準点の測量情報と、前記基準点の前記概観画像上の位置との関係から算出されることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 4】 前記測量システムが、前記画像表示手段における画像上の位置を指定するための入力手段を備え、前記基準点の位置が前記入力手段により前記概観画像上の任意の位置を指定することにより決定されることを特徴とする請求項 3 に記載の測量システム。

【請求項 5】 前記基準点の 3 次元的な測量情報が所与の地理データであることを特徴とする請求項 3 に記載の測量システム。

【請求項 6】 前記座標系と前記概観画像との位置関係が、前記座標系に対する前記概観画像撮影時のカメラの位置及び傾きを表す外部標定要素により表されることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 7】 前記測点の測量情報の中に測設測量のための測設点データ、又は所与の地理データが含まれることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 8】 前記測点に係る測量情報と前記概観画像の画像データとを関連付けて記録可能なデータ記録手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 9】 前記概観画像を撮影するためのデジタルカメラを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 10】 前記縮退報知手段が、前記概観画像上の縮退した測点が表示される位置に、測点が縮退していることを報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 11】 前記縮退報知手段が、前記縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの色を変えることにより、前記縮退を報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 10 に記載の測量システム。

【請求項 12】 前記縮退報知手段が、前記測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応する大きさをもつマークを用いて縮退している測点を表わすことにより、前記縮退を報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 10 に記載の測量システム。

【請求項 13】 前記縮退報知手段が、前記測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応する色を持つマークを用いて縮退している測点を表わすことにより、前記縮退を報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 10 に記載の測量システム。

【請求項 14】 前記縮退報知手段が、前記縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの形状を変えることにより、前記縮退を報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 10 に記載の測量システム。

【請求項 15】 前記マークが縮退している測点を代表する位置に、縮退した測点の数に対応する引出線を設け、前記引出線の端に縮退している各測点名を表示することを特徴とする請求項 14 に記載の測量システム。

【請求項 16】 前記マークの形状が、縮退している測点の数に対応してい

ることを特徴とする請求項 1 4 に記載の測量システム。

【請求項 1 7】 前記マークの形状が、縮退している測点の数が 3 以上のとき前記測点の数に対応した多角形であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の測量システム。

【請求項 1 8】 前記縮退報知手段が、前記縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの大きさを変えることにより、前記縮退を報知する表示を行なうことを特徴とする請求項 1 0 に記載の測量システム。

【請求項 1 9】 前記マークの大きさが縮退している測点の数に対応することを特徴とする請求項 1 8 に記載の測量システム。

【請求項 2 0】 前記測量システムが、前記画像表示手段における画像上の位置を指定するための入力手段を備え、前記入力手段により縮退した測点を含む領域が指定されたとき、前記縮退報知手段が、前記領域に含まれる測点に関わる情報を表示することを特徴とする請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 2 1】 前記測点に関わる情報が、前記領域内の測点の測点名と測量情報のリストであることを特徴とする請求項 2 0 に記載の測量システム。

【請求項 2 2】 前記測点に関わる情報が、前記領域を拡大表示した画像情報であることを特徴とする請求項 2 0 に記載の測量システム。

【請求項 2 3】 前記測点に関わる情報が、前記領域内の測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応して、前記測点をバーグラフ上に前記座標値に対応して表示することを特徴とする請求項 2 0 に記載の測量システム。

【請求項 2 4】 前記縮退報知手段が、前記概観画像上に表示された測点を所定の平面に射影した平面図として表示することを特徴とした請求項 1 に記載の測量システム。

【請求項 2 5】 前記平面が水平面であることを特徴とする請求項 2 4 に記載の測量システム。

【請求項 2 6】 測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測量現場の概観画像との間の位置関係を算出する位置関係算出手段と、

前記位置関係から、前記測点の測量情報と前記測点に対応する前記概観画像上の位置に関する位置情報とを対応付ける対応付け手段と、

前記概観画像を表示する画像表示手段と、

前記測量情報と前記概観画像の位置情報との対応付けに基づいて前記測点の位置を前記画像表示手段により表示された前記概観画像上に表示する測点表示手段と、

前記画像表示手段により表示された前記概観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位置を報知する縮退報知手段と

を備えることを特徴とする測量支援装置。

【請求項 2 7】 コンピュータに測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測量現場の概観画像との間の位置関係を算出する手順と、前記位置関係から、前記測点の測量情報と前記測点に対応する前記概観画像上の位置に関する位置情報とを対応付ける手順と、前記概観画像を表示する手順と、前記測量情報と前記概観画像の位置情報との対応付けに基づいて前記測点の位置を前記画像表示手段により表示された前記概観画像上に表示する手順と、前記画像表示手段により表示された前記概観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位置を報知する手順とを実行させるための測量支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は測量情報の処理を伴う測量システムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来測量においては、測量しようとする点（測点）を含む周囲の風景を撮影し、撮影された画像を測定データと共に保存することがある。このような場合、例えば通常のカメラを用いて測量目標物周囲の概略的な風景を記録する方法や、特開平 1 1 - 3 3 7 3 3 6 号公報のように、測量機内に内蔵された撮像装置を用いて測点毎に周囲の風景を撮影する方法などが知られている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、通常のカメラを用いて撮影を行なう場合には、撮影された画像

上に測点の位置が表示されないことから測点が画像上のどの位置に対応するのか
知ることができない。一方、特開平 1 1 - 3 3 7 3 3 6 号公報に記載された方法
では、測点毎に 1 枚以上の画像が記録されるため大容量の記録装置を必要とし、
その取り扱いも煩雑となる。

【 0 0 0 4 】

本発明は、測量機で得られる測量情報をカメラで得られる測量現場の画像情報
に簡便かつ効率的に関連付けるとともに、関連付けられた測量情報に関して視認
性の高い表示を行なうことを目的としている。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明の測量システムは、測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測
量現場の概観画像との間の位置関係を算出する位置関係算出手段と、この位置関
係から測点の測量情報と測点に対応する概観画像上の位置に関する位置情報とを
対応付ける対応付け手段と、概観画像を表示する画像表示手段と、測量情報と概
観画像の位置情報との対応付けに基づいて測点の位置を画像表示手段により表示
された概観画像上に表示する測点表示手段と、画像表示手段により表示された概
観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位置を報
知する縮退報知手段とを備えたことを特徴としている。

【 0 0 0 6 】

測量システムは、例えば測点の測量情報を得るための測量手段を備え、位置関
係は、例えば 3 以上の任意に設定された基準点（以下、位置関係を計算するた
めに使用した任意設定点を基準点と表現する）の測量情報と、基準点の概観画像上
の位置との関係から算出される。これにより、カメラの位置を特定するために別
途センサ等を設ける必要がない上、カメラの内部定位要素を、治具等を使用して
測定する必要がないので、例えば従来の単写真標定の手段を用いて簡便かつ低コ
ストで測量手段と概観画像との対応を高精度に知ることができる。

【 0 0 0 7 】

また測量システムは、画像表示手段における画像上の位置を指定するための入
力手段を備え、基準点の位置は入力手段により概観画像上の任意の位置を指定す

ることにより決定されることが好ましい。これにより例えば測量手段により、任意に指定された基準点の測量情報を用いて位置関係を求めることができる。

【 0 0 0 8 】

また更に、基準点の 3 次元的な測量情報は、例えば所与の地理データである。この場合、国土地理院の三角点や、市販の地図データ等において所与の点を基準点として指定することにより、測量機を用いなくとも、上記座標系と概観画像の位置関係やカメラの内部定位要素を算出することができる。また、測量機で測量した値と混合して使用してもよい。

【 0 0 0 9 】

座標系と概観画像との位置関係は、座標系に対する概観画像撮影時のカメラの位置及び傾きを表す外部標定要素により表されることが好ましく、測点の測量情報の中に、例えば測設測量のための測設点データ、又は所与の地理データが含まれてもよい。また、測量システムは、測点に係る測量情報と概観画像の画像データとを関連付けて記録可能なデータ記録手段を備えることが好ましい。また、測量システムは、例えば概観画像を撮影するためのデジタルカメラを備える。

【 0 0 1 0 】

縮退報知手段は、概観画像上の縮退した測点が表示される位置に、測点が縮退していることを報知する表示を行なうことが好ましい。このとき、縮退報知手段は、例えば縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの色を変えることにより、あるいは、測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応する大きさをもつマークを用いて、あるいは測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応する色を持つマークを用いて、あるいは縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの形状を変えることにより縮退している測点を表わし、これによって縮退を報知する表示を行なう。これにより、オペレータは、概観画像上において視覚的に縮退した測点を認識することができ、簡便に縮退した測点を判別することができる。

【 0 0 1 1 】

縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの形状を変える場合には、例えば、マークが縮退している測点を代表する位置に、縮退した測点の数に対応する

引出線を設け、この引出線の端に縮退している各測点名を表示してもよい。また、マークの形状を縮退している測点の数に対応させてもよい。例えば縮退している測点の数が3以上のときには、測点の数に対応した多角形をマークとして用いてもよい。これにより、縮退している測点の数を計量的に把握できる。また例えば、縮退報知手段は、縮退の有無に基づいて測点の位置を表すマークの大きさを変えることにより、縮退を報知する表示を行い、マークの大きさを例えば、縮退している測点の数に対応させることも可能である。

【0012】

例えば、入力手段により縮退した測点を含む領域が指定されたとき、縮退報知手段は、この領域に含まれる測点に関わる情報を表示する。このとき、測点に関わる情報は、例えば領域内の測点の測点名と測量情報のリストである。また、例えば測点に関わる情報は、上記領域を拡大表示した画像情報である。これにより、縮退した測点のより詳細な情報を参照することが可能となる。また例えば、測点に関わる情報は、上記領域内の測点の概観画像に対する奥行き方向の座標値に対応して、測点をバーグラフ上に座標値に対応して表示する。この方法によれば、測点が同一視線上に存在するような場合、視覚的に測点に関わる詳細な情報を得ることができる。

【0013】

また例えば、縮退報知手段は、概観画像上に表示された測点を所定の平面に射影した平面図として表示し、この平面は水平面であることが好ましい。この表示方法によれば、各測点の空間的な配置をより容易に把握することができる。

【0014】

本発明の測量支援装置は、測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測量現場の概観画像との間の位置関係を算出する位置関係算出手段と、この位置関係から、測点の測量情報と測点に対応する概観画像上の位置に関する位置情報とを対応付ける対応付け手段と、概観画像を表示する画像表示手段と、測量情報と前記概観画像の位置情報との対応付けに基づいて測点の位置を画像表示手段により表示された概観画像上に表示する測点表示手段と、画像表示手段により表示された概観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位

置を報知する縮退報知手段とを備えたことを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の測量支援プログラムは、コンピュータに測点の測量情報が基準とする座標系と測点を含む測量現場の概観画像との間の位置関係を算出する手順と、この位置関係から測点の測量情報と測点に対応する概観画像上の位置に関する位置情報とを対応付ける手順と、概観画像を表示する手順と、測量情報と概観画像の位置情報との対応付けに基づいて測点の位置を画像表示手段により表示された概観画像上に表示する手順と、画像表示手段により表示された概観画像上において、複数の測点が縮退している場合に、縮退した測点の位置を報知する手順とを実行させることを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態である測量機とカメラを用いた測量システムの概略を示すブロック図である。

【 0 0 1 7 】

測量機 1 0 は例えばトータルステーション等であり、測距部 1 1 と測角部 1 2 とを備える。測距部 1 1 は視準された測点までの斜距離を例えば光波測距により検出し、測角部 1 2 はこのときの水平角、高度角等を検出する。測距部 1 1 及び測角部 1 2 はそれぞれシステムコントロール回路 1 3 に接続されており、システムコントロール回路 1 3 からの指令に基づき制御される。例えば測距部 1 1 はシステムコントロール回路 1 3 の指令に基づいて測距を行い、測定値をシステムコントロール回路 1 3 に送出する。一方、測角部 1 2 は常時角度を測定しておりシステムコントロール回路 1 3 からの要求に応じて測定値をシステムコントロール回路 1 3 へ送出する。検出された斜距離、水平角、高度角等の測定値はシステムコントロール回路 1 3 において処理される。システムコントロール回路 1 3 には、インターフェース回路 1 6 が接続されており、インターフェース回路 1 6 は、インターフェースケーブルを介して例えばノート型パソコン（P C）や携帯端末（P D A）等の測量支援装置 4 0 に接続され、測距部 1 1、測角部 1 2 で検出され

た斜距離、水平角、高度角等が測量情報として転送される。なお、インターフェース回路 16 は、データコレクタ（図示せず）等の周辺機器にも接続可能である。また、測量支援装置 40 として携帯端末を用いる場合には、電波や光通信を用いて測量情報（測量データ）の転送を行なってもよい。

【 0 0 1 8 】

デジタルスチルカメラ 20 は、例えば通常市販されているデジタルスチルカメラである。デジタルスチルカメラ 20 には、CCD 等の撮像素子 21 が設けられており、撮像レンズ 22 を介して被写体の映像を撮像可能である。すなわち、撮像素子 21 では被写体の映像が画像信号として検出され、画像信号処理回路 23 へ出力される。画像信号処理回路 23 では、入力された画像信号に対して RGB ゲイン補正、ホワイトバランス補正、ガンマ補正やスーパインポーズ等の所定の画像処理が施される。画像処理が施された画像信号は例えば表示部（例えば LCD）24 に送出されシースルー画像として表示される。また、システムコントロール回路 26 に接続されたスイッチ群 29 に設けられたシャッターボタン（図示せず）が押下されると、被写体の映像がデジタル画像として画像メモリ 25 に一時的に記憶される。

【 0 0 1 9 】

画像メモリ 25 に記憶されたデジタル画像は、画像信号処理回路 23 を介して表示部 24 に表示可能であるとともに、システムコントロール回路 26 を介して記録媒体に記録可能である。記録媒体 27 に記録された画像はシステムコントロール回路 26 により表示部 24 に表示することが可能である。また、デジタルスチルカメラ 20 は、測量支援装置 40 にインターフェース回路 28 を介して接続されており、撮像された画像は画像データとして測量支援装置 40 に転送される。

【 0 0 2 0 】

測量支援装置 40 は、例えばシステムコントロール回路 44 を中心に入力装置 41、記録媒体 42、画像表示装置 43 等を備える。入力装置 41 としては、例えばキーボード、マウス、十字キー、トラックボール、ジョイスティック、タッチスクリーン等が用いられる。画像表示装置 43 としては、LCD、CRT 等が

用いられ、入力装置 4 1 を用いて画面上の任意の位置を指定することが可能である。記録媒体 4 2 としては、例えばハードディスク、DVD、MO、IC カード等を用いることができ、例えば測量支援装置 4 0 に転送された測量データや、概観画像の画像データを記録することができる。

【 0 0 2 1 】

なお、測量支援装置 4 0 も、インターフェース回路等を備えるが、その記載は省略する。また、測量支援装置 4 0 では、記録媒体 4 2 にインストールされている測量支援プログラム（後述）が実行される。

【 0 0 2 2 】

次に図 1、図 2、図 3 を参照して第 1 の実施形態の測量システムにおける測点表示処理について説明する。図 2 は、第 1 の実施形態の測量システムにおける測量手順を示すフローチャートであり、図 3 は第 1 の実施形態の測量システムにおける測量機およびカメラの配置を概念的に示す図である。

【 0 0 2 3 】

まずステップ S 1 0 1 において、オペレータはデジタルスチルカメラ（DSC）2 0 により測量現場の概観を撮影する。撮影された 1 枚のデジタル画像（概観画像）には、測量されるべき測点が複数含まれる。ステップ S 1 0 2 では、撮影された概観画像の画像データが測量支援装置 4 0 に転送されるとともに、画像表示装置 4 3 に表示される。また、画像表示装置 4 3 に表示された概観画像では、実空間内で 3 次元的に配置された複数の点（画素）がオペレータにより入力装置 4 1 を用いて選択され、選択された画素に対応する実空間内の物点が基準点 P_i （ $i = 1, 2, \dots, n$ ）として指定される。このとき指定された各基準点 P_i に対応する撮像面上の像点 P_i' の位置が、それぞれ 2 次元の画像座標（ $x_{P_i'}$, $y_{P_i'}$ ）として求められる。なお画像座標系は、画像左上を原点とした y 軸下向きが正の 2 次元座標系である。また、基準点の数 n は 3 次元的に配置された例えば 1 1 以上の数である。

【 0 0 2 4 】

ステップ S 1 0 3 では、ステップ S 1 0 2 において指定された各基準点 P_i の斜距離及び（高度、水平）角度が測量機 1 0 を用いてオペレータにより測定され

、測定値はインターフェースを介して測量支援装置 4 0 のシステムコントロール回路 4 4 へ伝送される。システムコントロール回路 4 4 では、各基準点 P_i の 3 次元座標 $(X_{P_i}, Y_{P_i}, Z_{P_i})$ が所定の測量座標系において算出される。このとき各基準点 P_i の測量座標 $(X_{P_i}, Y_{P_i}, Z_{P_i})$ は、それぞれ像点 P_i' の画像座標 $(x_{P_i'}, y_{P_i'})$ に対応付けられる。なお、測量座標系としては、例えば測量機 1 0 に設けられた視準望遠鏡 1 0 a (図 3 参照) の高度角、水平角の回転中心を原点として用いてもよいし、国土地理院等で規定している絶対座標を用いてもよい。また、測量現場で任意に設定された座標を使用してもよい。また、測量機が測量座標計算を行い、その値がデジタルカメラ 2 0 のシステムコントロール回路 2 6 へ伝送されるように構成してもよい。

【 0 0 2 5 】

ステップ S 1 0 4 では後述するように、各基準点 P_i に対する測量座標と画像座標との対応から概観画像を撮影したときのデジタルスチルカメラ 2 0 の位置および傾き等を表わす外部標定要素と、レンズディストーションや主点の画像中心からの偏心による共線条件のズレを補正するための内部定位要素が、例えば空間後方交会法により算出される。すなわち、デジタルスチルカメラ 2 0 に固定された 3 次元カメラ座標系の原点の測量座標系における位置 (X_0, Y_0, Z_0) と、撮影時のカメラ座標系の x 軸、 y 軸、 z 軸回りの回転角 (ω, ϕ, κ) が外部標定要素として求められるとともに、カメラの内部定位要素 (f : レンズ投影中心から像面までの距離 (画像距離) ; D_2, D_4, D_6 : ディストーション 2 次、4 次、6 次成分 ; N_1, N_2 : ディストーションの非対称成分 ; X_C, Y_C : 主点の画像中心からの偏心量) が求められる。これにより、画像座標と測量座標との射影関係が確立される。なお、内部定位要素を上記 ($f, D_2, D_4, D_6, N_1, N_2, X_C, Y_C$) に設定した場合、外部標定要素及び内部定位要素を算出するのに必要な基準点の数は 7 点以上である。このうち、外部標定要素 $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$ を算出するのに必要な基準点の数は 3 点以上である。なお、本実施形態では、外部標定及び内部標定を行なうための基準点として 1 1 点 (以上) 指定している。

【 0 0 2 6 】

カメラ座標系は、レンズ中心（投影中心） O を原点とした右手座標系であり、その x 軸、 y 軸はスクリーン座標系の s' 軸、 t' 軸と平行であり、 z 軸は撮像面と垂直で、像面方向に向けて定義される。すなわち、撮像面上の点は (x, y, f) で表される。ここでスクリーン座標系は、主点を原点とした撮像面上の2次元座標系であり、 s' 軸は撮像素子21の水平ライン方向に、 t' 軸は垂直ライン方向に対応する。

【 0 0 2 7 】

ステップS105では、オペレータが測量機10を用いて測点 Q_1 を測量する。測定値はインターフェースを介して測量支援装置40に伝送される。このとき測量支援装置40のシステムコントロール回路44では測点 Q_1 の測量座標が算出される。ステップS106では、算出された測点 Q_1 の測量座標およびステップS104において求められた外部標定要素 $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$ 及び内部定位要素 $(f, D_2, D_4, D_6, N_1, N_2, X_C, Y_C)$ に基づいて測点 Q_1 に対応する像点 Q_1' の概観画像上の画像座標 Q_1' ($x_{q_1'}, y_{q_1'}$) が求められ、画像座標 Q_1' ($x_{q_1'}, y_{q_1'}$) に対応する位置に測点 Q_1 を示すマーク(P1、P2・・・のように測点番号も表示してよい) または測定値がスーパーインポーズされ測量支援装置40の画像表示装置43に表示される。

【 0 0 2 8 】

ステップS107において測量を継続する場合にはステップS105以下の処理が繰り返し実行され、例えば測量機10を用いて測点 Q_2 、 Q_3 を測量すると、測量支援装置40の画像表示装置43に表示された概観画像には、測点 Q_2 、 Q_3 の像点 Q_2' 、 Q_3' に対応する位置にそれぞれ測点 Q_2 、 Q_3 を示すマークが表示される。一方測量を終了する場合にはステップS108において、概観画像の画像データ、カメラの内部定位要素、外部定位要素、像点 Q_1' 、 Q_2' 、 Q_3' の画像座標（概観画像上の位置を示す位置情報、例えば画素の位置を示すデータであってもよい）、測点 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 の斜距離、高度角、水平角または測量座標等の測量データ（測量情報）がそれぞれ関連付けて記録媒体42に記録され、本実施形態の測量システムを用いた測点表示処理は終了する。なお、概観画像の画像データ、測点に対応する画像座標データ（または画素位置を示すデータ）や測

量データ等は、それぞれ別のファイルに記録されてもよいし、同一のファイルに記録されてもよい。

【 0 0 2 9 】

また、図 4 を参照して第 1 の実施形態の測量システムにおける測点表示処理の変形例について説明する。図 4 は、この変形例における測量手順のフローチャートである。

【 0 0 3 0 】

図 2 の測量手順では、測量座標系に対するデジタルスチルカメラ 2 0 の位置及び傾きを空間後方交会法で算出 (S 1 0 4) した後に、各測点の測量を行いその都度、測点を概観画像上に表示した。一方、図 4 のフローに示された変形例では、測量機 1 0 による測点の測量が行なわれた後に測量座標系に対するデジタルスチルカメラ 2 0 の位置及び傾きが算出され、その後全測点の位置が概観画像上に一斉に表示される。

【 0 0 3 1 】

すなわち、ステップ S 1 1 0、S 1 1 1 では、測量機 1 0 を用いて、複数の測点に対する測定が連続して行なわれる。測点の測量が終了した場合には、ステップ S 1 1 2 において、ステップ S 1 1 0 で測定された測点を含む測量現場の概観画像がデジタルスチルカメラ 2 0 を用いて撮影される。ステップ S 1 1 3 では、概観画像上に表示された測点の中から 1 1 個の測点 (画素) が基準点 P_i としてオペレータによって入力装置 4 1 を用いて指定される。ステップ S 1 1 4 では、ステップ S 1 1 3 において指定された基準点 P_i に対応する測点の 3 次元座標 (X_{P_i} , Y_{P_i} , Z_{P_i}) が、例えばオペレータによって対応付けられる。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 1 1 5 では、基準点 P_i に対するステップ S 1 1 4 の対応付けに基づいて、デジタルスチルカメラ 2 0 の位置及び傾きや内部定位要素が、空間後方交会法により、図 2 のステップ S 1 0 4 と同様に算出される。ステップ S 1 1 6 では、ステップ S 1 1 5 において算出された外部標定要素及び内部定位要素を用いて、ステップ S 1 1 0 において測定された全ての測点に対する概観画像上の画像座標が求められ、概観画像上にその位置を示すマークまたは測定値がスーパー

ンポーズされて画像表示装置43に表示される。ステップS117では、ステップS108と同様に各データが記録媒体42に記録される。以上により、変形例における測量は終了する。

【0033】

なお、図2、4ではステップS101、S112で測量現場の撮影を行ったが、過去に撮影した概観画像を使用してもよい。さらには、撮影と測量が同時に行われるシステムとしてもよい。これは例えばスイッチ群14内の測量開始スイッチとスイッチ群29内のDSC撮影スイッチを連動させる方式を採用して行なうことができる。また、予めステップS101～S104を行い、後日ステップS105～S108を行ってもよい。この場合、測量機の設置場所は同位置とする。また、図4に示すフローのようにステップS110の測量を先に行い、後で画像との融合を行ってもよい。またステップS110の測量を行わず、以前測量されたデータあるいは既知の地理データ（国土地理院の三角点、市販の地図の地理データ等）を使用してもよい。

【0034】

次に図5、図6を参照して本実施形態におけるデジタルスチルカメラ20の空間後方交会法による外部標定要素及び内部定位要素の算出方法（ステップS104、S115）と、測点の概観画像への表示する方法（ステップS106、S116）の原理について説明する。

【0035】

図5は、3つの基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 とこれらの撮像面 S における像点 P_1' 、 P_2' 、 P_3' との関係を模式的に示している。図6は図2、図4のステップS104、S115におけるデジタルスチルカメラ20の位置および傾きを表す外部標定要素（ X_0 、 Y_0 、 Z_0 、 ω 、 ϕ 、 κ ）及びカメラの内部定位要素（ f 、 D_2 、 D_4 、 D_6 、 N_1 、 N_2 、 X_C 、 Y_C ）を算出する空間後方交会法のプログラムのフローチャートであり、その算出には最小二乗法を用いた逐次近似法が用いられる。なお、本実施形態では、上述したように基準点の数は7点以上であればいくつあってもよいが、ここでは、基準点が11点指定された場合を例に説明を行なう。また、図5にはその内の3点 P_1 、 P_2 、 P_3 のみが示される。

【0036】

まず、ステップS201においてカメラの位置および傾きを表す外部標定要素 $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$ 及び内部定位要素 $(f, D_2, D_4, D_6, N_1, N_2, X_C, Y_C)$ に近似値として適当な初期値 $(X_{G0}, Y_{G0}, Z_{G0}, \omega_G, \phi_G, \kappa_G)$ 及び $(f_G, D_{2G}, D_{4G}, D_{6G}, N_{1G}, N_{2G}, X_{CG}, Y_{CG})$ を与える。次にステップS202では、与えられた外部標定要素 $(X_{G0}, Y_{G0}, Z_{G0}, \omega_G, \phi_G, \kappa_G)$ 及び内部定位要素 $(f_G, D_{2G}, D_{4G}, D_{6G}, N_{1G}, N_{2G}, X_{CG}, Y_{CG})$ を用いて11個の基準点 P_i ($i = 1, 2, \dots, 11$) の測量座標 (X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi}) から各基準点 P_i に対応する像点 P_i' の近似的な画像座標 $(x_{PGi}', y_{PGi}', z_{PGi}')$ を算出する。

【0037】

すなわち、基準点 P_i ($i = 1, 2, \dots, 11$) のカメラ座標系における座標 (x_{Pi}, y_{Pi}, z_{Pi}) は、測量座標系における座標 (X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi}) から次の(1)式により求まるので、近似的な外部標定要素 $(X_{G0}, Y_{G0}, Z_{G0}, \omega_G, \phi_G, \kappa_G)$ 、及び基準点 P_i の測量座標 (X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi}) を(1)式に代入することにより、基準点 P_i の近似的なカメラ座標 $(x_{PGi}, y_{PGi}, z_{PGi})$ を求めることができる。

【数1】

$$\begin{pmatrix} x_{Pi} \\ y_{Pi} \\ z_{Pi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{Pi} - X_0 \\ Y_{Pi} - Y_0 \\ Z_{Pi} - Z_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで行列 $\{T_{jk}\}$ は回転行列であり、各成分 T_{jk} は例えば次式で表される。

$$T_{11} = \cos \phi \cdot \cos \kappa$$

$$T_{12} = \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \phi \cdot \cos \kappa$$

$$T_{13} = \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \omega \cdot \sin \phi \cdot \cos \kappa$$

$$T_{21} = -\cos \phi \cdot \sin \kappa$$

$$T_{22} = \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \phi \cdot \sin \kappa$$

$$T_{23} = \sin \omega \cdot \cos \kappa + \cos \omega \cdot \sin \phi \cdot \sin \kappa$$

$$T_{31} = \sin \phi$$

$$T_{32} = -\sin \omega \cdot \cos \phi$$

$$T_{33} = \cos \omega \cdot \cos \phi$$

【 0 0 3 8 】

また基準点 P_i に対応する像点 P_i' の内部定位要素による補正前のスクリーン座標 $(s p_i', t p_i')$ は、撮影された基準点、投影中心、およびその像点が同一直線上にあるという共線条件から外部標定要素 $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$ 、及び基準点 P_i のカメラ座標 $(x p_i, y p_i, z p_i)$ を用いて次の (2) 式により求められる。

【数 2】

$$s p_i' = f \frac{x p_i}{z p_i} = f \frac{T_{11}(X p_i - X_0) + T_{12}(Y p_i - Y_0) + T_{13}(Z p_i - Z_0)}{T_{31}(X p_i - X_0) + T_{32}(Y p_i - Y_0) + T_{33}(Z p_i - Z_0)} \quad (2)$$

$$t p_i' = f \frac{y p_i}{z p_i} = f \frac{T_{21}(X p_i - X_0) + T_{22}(Y p_i - Y_0) + T_{23}(Z p_i - Z_0)}{T_{31}(X p_i - X_0) + T_{32}(Y p_i - Y_0) + T_{33}(Z p_i - Z_0)}$$

【 0 0 3 9 】

補正前のスクリーン座標 $(s p_i', t p_i')$ は、ディストーション等の影響を受けているが、これらは、(3) 式に、各々の像点の P_i' のスクリーン座標 $(s p_i', t p_i')$ 及び近似的な内部定位要素 $(f_G, D_{2G}, D_{4G}, D_{6G}, N_1, N_2, X_{CG}, Y_{CG})$ を代入することにより補正される。すなわち、(3) 式により補正後の近似的なスクリーン座標 $(s c p_i', t c p_i')$ が算出される。

【数 3】

$$R^2 = s p_i'^2 + t p_i'^2$$

$$s c p_i' = s p_i' (1 + D_2 R^2 + D_4 R^4 + D_6 R^6) + (R^2 + 2 s p_i'^2) N_1 + 2 s p_i' t p_i' N_2 + X_C \quad (3)$$

$$t c p_i' = t p_i' (1 + D_2 R^2 + D_4 R^4 + D_6 R^6) + 2 s p_i' t p_i' N_1 + (R^2 + 2 t p_i'^2) N_2 + Y_C$$

【 0 0 4 0 】

像点 P_i' の近似的な画像座標 $(x p_{Gi}', y p_{Gi}')$ は補正された近似的な

スクリーン座標 ($s c p_{Gi}'$, $t c p_{Gi}'$) を次の (4) 式に代入することにより求められる。

【数 4】

$$\begin{aligned} x p_i' &= s c p_i' / (-P_x) + W / 2 \\ y p_i' &= t c p_i' / P_y + H / 2 \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 P_x 、 P_y はそれぞれ CCD の水平、垂直方向の画素ピッチであり、 W 、 H はそれぞれ画像の水平、垂直方向のピクセル数である。

【 0 0 4 1】

ステップ S 2 0 3 では、近似的に与えられた外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) の値が適切か否かを判定するためのメリット関数 Φ が計算される。メリット関数 Φ は例えば (5) 式で定義される。

【数 5】

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \{ (x p_i' - x p_{Gi}')^2 + (y p_i' - y p_{Gi}')^2 \} \quad (5)$$

すなわち、本実施形態においてメリット関数 Φ は概観画像上で指定された基準点 P_i の像点 P_i' の画像座標 ($x p_i'$, $y p_i'$) と、測量により求められた基準点 P_i の測量座標 ($X p_i$, $Y p_i$, $Z p_i$) および近似的に与えられた外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) から求められた像点 P_i' の近似的な画像座標 ($x p_{Gi}'$, $y p_{Gi}'$) との間の距離の 2 乗に対応している。

【 0 0 4 2】

次にステップ S 2 0 4 において、メリット関数 Φ が所定値よりも小さいか否かが判定される。すなわち、近似的に与えられた外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) による像点 P_i' の近似的な画像座標 ($x p_{Gi}'$, $y p_{Gi}'$) が、概観画像上で指定された基準点 P_i の像点 P_i' の画像座標 ($x p_i'$, $y p_i'$) に

十分近いかが判定される。 $\Phi <$ 所定値の場合にはこの処理は終了し、現在与えられている外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) の値を、概観画像撮影時のカメラの位置、傾き、及び内部定位を表す外部標定要素であるとする。

【 0 0 4 3 】

一方、ステップ S 2 0 4 において $\Phi \geq$ 所定値であると判定された場合には、ステップ S 2 0 5 において近似的に与えられた外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) に対する補正量 (δX , δY , δZ , $\delta \omega$, $\delta \phi$, $\delta \kappa$, δf , δD_2 , δD_4 , δD_6 , δN_1 , δN_2 , δX_C , δY_C) が例えば最小二乗法により求められる。すなわち、共線条件である (2) 式の ($s p_i'$, $t p_i'$) に (3) 式の ($s c p_i'$, $t c p_i'$) を代入し、近似値である外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) の周りにテイラー展開し高次の項を省いて線形化する。この線形化された式において補正量 (δX , δY , δZ , $\delta \omega$, $\delta \phi$, $\delta \kappa$, δf , δD_2 , δD_4 , δD_6 , δN_1 , δN_2 , δX_C , δY_C) を未知量とする正規方程式を作成し、適正な補正量 (δX , δY , δZ , $\delta \omega$, $\delta \phi$, $\delta \kappa$, δf , δD_2 , δD_4 , δD_6 , δN_1 , δN_2 , δX_C , δY_C) を求める。

【 0 0 4 4 】

ステップ S 2 0 6 では、ステップ S 2 0 5 において算出された補正量 (δX , δY , δZ , $\delta \omega$, $\delta \phi$, $\delta \kappa$, δf , δD_2 , δD_4 , δD_6 , δN_1 , δN_2 , δX_C , δY_C) に基づいて近似値である外部標定要素 (X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G) 及び内部定位要素 (f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) の値が更新される。すなわち、(X_{G0} , Y_{G0} , Z_{G0} , ω_G , ϕ_G , κ_G , f_G , D_{2G} , D_{4G} , D_{6G} , N_{1G} , N_{2G} , X_{CG} , Y_{CG}) の各値は、それぞれ ($X_{G0} + \delta X$, $Y_{G0} + \delta Y$, $Z_{G0} + \delta Z$, $\omega_G + \delta \omega$, $\phi_G + \delta \phi$, $\kappa_G + \delta \kappa$, $f_G + \delta f$, $D_{2G} + \delta D_2$, $D_{4G} + \delta D_4$, $D_{6G} + \delta D_6$, $N_{1G} + \delta N_1$, $N_{2G} + \delta D_2$, $X_{CG} + \delta X_C$, $Y_{CG} + \delta Y_C$) に置き換えられカメラの位置及び内部定位が更新される。その後処理はステップ S 2 0 2 へ戻り、ステップ S 2 0 4 において $\Phi <$ 所定値と

判定されるまでステップ S 2 0 2 ～ステップ S 2 0 6 が繰り返し実行される。

【 0 0 4 5 】

空間後方交会法により撮影時のデジタルスチルカメラ 2 0 の位置および傾きを示す外部標定要素 (X_0 , Y_0 , Z_0 , ω , ϕ , κ) と内部定位要素 (f , D_2 , D_4 , D_6 , N_1 , N_2 , X_C , Y_C) が算出されると、図 2、4 のステップ S 1 0 5、S 1 1 0 で測量される測点に対応する像点の画像座標は、測量された斜距離および高度角から算出された測点の測量座標と、空間後方交会法により算出された外部標定要素及び内部定位要素の値とから (1) 式～(5) 式を用いて求められる。ステップ S 1 0 6、S 1 1 6 では、この画像座標に基づいて概観画像上の測点に対応する位置 (画素) に測点を示すマークまたは測定値を表示する。また、算出された内部定位要素は例えば記録媒体 4 2 (図 1 参照) に記憶される。

【 0 0 4 6 】

次に図 7 ～図 9 を参照して、図 2、3 のステップ S 1 0 6、S 1 1 6 における測量支援装置 4 0 の画像表示装置 4 3 への測点の表示方法について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、測点表示を行なうウィンドウ WN 0 の基本となる表示状態を示したものである。ウィンドウ WN 0 の最上部のタイトルバー TB には、最小化ボタン、最大化ボタン、クローズボックスの 3 つのボタンが右隅に配置されており、タイトルバー TB の下にはメインメニュー MM が配置されている。更にメインメニュー MM の下には、複数のボタンを有するボタンメニュー BM が配置されており、ボタンメニュー BM の下には、テキストボックス TX 1 ～TX 8 が配置されている。

【 0 0 4 8 】

テキストボックス TX 1 ～TX 8 は、測点に関する測量データを表示するためのボックスであり、上側のテキストボックス TX 1 ～TX 4 は下側のテキストボックス TX 5 ～TX 8 に表示される内容の項目を表わしている。テキストボックス TX 5 には測点名が表示され、テキストボックス TX 6 ～TX 8 には、テキストボックス TX 5 に表示された測点の X 座標値、Y 座標値、Z 座標値等の測量データが表示される。

【 0 0 4 9 】

テキストボックスTX5～TX8の下には、概観画像を表示するための画像表示領域IMが配置されている。画像表示領域IMの右側には、概観画像を上下方向にスクロールするためのスクロールバーSC1が画像表示領域IMの辺に沿って配置されている。また、画像表示領域IMの下側には、概観画像を左右方向にスクロールするためのスクロールバーSC2が下辺に沿って配置されている。

【0050】

画像表示領域IM内の概観画像上には、測量された測点Q-1～Q-11が例えば黒丸として表示される。しかし、複数の測点が略同一視線方向に存在する場合、各測点の概観画像上の位置が1つの画素に集中してしまい判別し難くなる。また、例えば測点Q-1～Q-3のように各測点が密集する場合にも、それぞれの測点が例えば隣接、あるいは近接する画素に対応するため、各測点を判別することは困難となる。すなわち、3次元の測量データとしては、異なる値をもつ複数の測点であっても、2次元に射影された概観画像上では複数の測点（あるいは測点を表すマーク）が重なってしまい（以下このような状態を縮退と呼ぶ）、その一部が画像上から消失してしまう。

【0051】

以上のことから、第1の実施形態では、図8のフローチャートに示される手順で縮退された測点の表示を行なう。

【0052】

まず、ステップS301において、オペレータはポインティングデバイス（入力装置41）を用いて画像表示領域IM内の一点（例えば一画素）を指定し、ボタンメニューBMの縮退ボタンDBをON状態とする。例えばポインティングデバイスとしては、タッチパネルとポインティングペンが用いられ、オペレータが、画像表示領域IM内の1つの画素をポインティングペンでタップすることによりその画素が選択される。その後縮退ボタンDBがポインティングペンでタップされるとステップS302以下の処理が実行される。

【0053】

ステップS302では、ポインティングペンで指定・選択された画素から一定の範囲にある画素に対応する測点を検索する。ステップS303では、検索され

た測点名とその3次元座標値のリストを図9のようなリストボックスとして画像表示装置43に表示する（測点に係る他の情報も合わせて表示してもよい）。3次元座標値としては、測量座標系やカメラ座標系等の座標値が用いられる。座標値の表示に用いられる座標系は、所定の操作により切換可能であり、リストに表示される測点の順序は、選択された座標系における測点の奥行き方向の座標値に応じて決定される。また、各座標系毎に別々のリストに表示することも可能である。ステップS304では、オペレータによりポインティングペンを用いてリストボックスの中から所望の測点を選択される。ステップS305では、図7の画像表示領域IMにおいてステップS304で選択された測点に対応するマークのみが表示され、テキストボックスTX5～TX8には、ステップS304で選択された測点の測点名と3次元座標値が表示される。これにより、この処理は終了する。

【0054】

なお、図9のリストボックスやテキストボックスTX5～TX8に記載された座標値は説明の便宜上記載されたものであり、画像表示領域IMに示された測点の位置に幾何学的に対応するものではない。このことは、以下の各実施形態における測点の位置や座標値等の各値についても同様である。

【0055】

以上のように、第1の実施形態によれば、複数の測点が密集あるいは同一視線方向に存在し、複数の測点が概観画像上において縮退する場合にも、縮退した領域の画素をオペレータが指定すると、その近傍に射影される測点のリストが表示されるので、測点の見落としや測量忘れなどが防止される。また、リストで選択された測点の位置が概観画像上に示され、その3次元座標値も表示されるので、概観画像上において複数の測点が縮退されている場合にも、視覚的かつ計量的に測点の位置を正確に把握することができる。

【0056】

次に図7、図10を参照して本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態の構成は、第1の実施形態と略同様であり、縮退された測点の表示方法のみが第1の実施形態と異なる。

【 0 0 5 7 】

第 2 の実施形態では、図 7 の画面において、オペレータが縮退ボタン D B をタップすると、画像表示領域 I M は、図 1 0 のように、各測点の配置を水平面に射影して表現する。なお、各測点の水平面への射影は、測点の 3 次元座標に基づいて行なわれる。概観画像上では縮退している測点でも、水平面内では縮退していないので（特に複数の測点が同一視線方向にあって縮退している場合）、各測点の存在を正確に把握することが可能となる。また、水平面図において、任意の測点が指定されると、その測点の測点名と 3 次元座標値がテキストボックス T X 5 ～ T X 8 に表示される。

【 0 0 5 8 】

以上により第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と略同様な効果が得られる。また、第 2 の実施形態では、測点が水平面上に表示されるので、概観画像上において縮退された測点の配置をより視覚的に把握することができる。

【 0 0 5 9 】

なお、水平面の代わりに任意に指定された平面（例えば鉛直面）に測点を射影して表示してもよい。

【 0 0 6 0 】

次に図 7、図 1 1 を参照して本発明の第 3 の実施形態について説明する。第 3 の実施形態の構成は、第 1 の実施形態と略同様であり、縮退された測点の表示方法のみが第 1 の実施形態と異なる。

【 0 0 6 1 】

第 3 の実施形態では、オペレータは図 7 の画面において縮退された測点を含む領域を例えばポインティングペンを用いて指定する。指定される領域は、例えば四辺形や円形である。図 1 1 には、指定される領域が四辺形の場合を示している。例えばオペレータがポインティングペンを用いて画像表示領域 I M 内の 2 点を指定するとこの 2 点を対角線とする四辺形領域 A が画定される。

【 0 0 6 2 】

縮退された測点（例えば白丸で表示）を含む領域 A が画定されるとその領域を囲む枠が表示される。その後縮退ボタン D B がタップされると、スクロールバー

SC 2の下に領域Aを拡大して表示するダイアログボックスDG 1が現れる。ダイアログボックスDG 1の拡大画像内において測点を選択されると、その測点の表示が他の測点とは異なる表示に変更される。これと連動して、テキストボックスTX 5～TX 8には選択された測点の測点名と3次元座標値が表示され、画像表示領域IMの概観画像の対応する測点の表示も変更される（例えば白丸内に黒丸を表示）。

【 0 0 6 3 】

以上のように、第3の実施形態によれば、第1の実施形態と略同様の効果を得ることができる。また、第3の実施形態では、指定された領域が拡大表示されるので実空間において測点が密集している場合などにも有効である。

【 0 0 6 4 】

なお、枠により画定された領域Aはドラッグできるようにしてもよい。また、第1の実施形態のように指定された画素の周りの所定の範囲を拡大してもよく、この場合領域を画定する枠はなくともよい。

【 0 0 6 5 】

次に図7、図12を参照して本発明の第4の実施形態について説明する。第4の実施形態の構成は、第3の実施形態と略同様であり、縮退された測点の表示方法のみが第1の実施形態と異なる。

【 0 0 6 6 】

第3の実施形態では、領域Aを指定した後縮退ボタンDBをONすると、領域Aの拡大画像を表示するダイアログボックスDG 1が現れたが、第4の実施形態では、領域Aを指定して縮退ボタンDBをONすると、第3の実施形態のダイアログボックスDG 1の位置にダイアログボックスDG 2が表示される。ダイアログボックスDG 2には、指定された領域A内に存在する測点を画像の奥行き方向の距離（座標値）に応じてバーグラフBGでその位置を表わす。バーグラフBGの上側には、バーに沿って、奥行き方向の距離（例えば5 m、6 m等）が表示される。バーグラフBG内には、領域A内に存在する測点に対応するボックス状のマーク（例えばM 1、M 2、M 3）が表示される。バーグラフBGの下側には、バーグラフBG内に表示された測点のマークM 1、M 2、M 3に対して、それぞ

れの測点の測点名（例えばQ-1、Q-2、Q-3）が表示される。

【0067】

バーグラフBG内の斜線で示された領域は、ダイアログボックスDG2の表示の対象となる奥行き方向の範囲を示している。すなわち、バーグラフBG内には、奥行き方向の座標値が斜線で示された範囲内にある測点のみが表示される。この範囲（斜線領域）は、例えばバーグラフBGの下に配置されたスクロールバーSC3により設定される。図12では、表示の対象となる範囲（斜線領域）の上限をスクロールバーSC3で指定しているが、範囲の下限を指定してもよい。なお、テキストボックス等での数値入力により、表示の対象となる範囲（斜線領域）の上限・下限を指定することも可能である。また、バーグラフBGが参照するスケールを拡大／縮小可能としてもよい。すなわち、図12では、略5m弱～8m強の範囲がバーグラフBGとして表示されているが、これを例えば6m～7mの範囲に拡大表示してもよい。

【0068】

バーグラフBGに表示されたマークの中から所望の測点（例えばQ-3）に対応するマーク（例えばM2）を選択すると、そのマーク（M2）の表示が他のマーク（M1、M3）とは異なる表示に変更される（本実施形態では、白抜きのボックス中央に横棒が追加される）。また、これに連動して、テキストボックスTX5～TX8には選択された測点の測点名と3次元座標値が表示され、画像表示領域IMに表示された概観画像の対応する測点の表示も変更される。

【0069】

以上のように、第4の実施形態においても、第1の実施形態と略同様の効果を得ることができる。

【0070】

次に図7、図13及び図14を参照して第5の実施形態について説明する。第5の実施形態の構成は、第1～第4の実施形態と略同様であり、縮退された測点の表示方法のみが第1の実施形態と異なる。

【0071】

第5の実施形態では、画像表示領域IMの概観画像上において測点の縮退を明

示的に表示する方法を提供する。例えば図 7 の画面において、縮退ボタン D B がオンされると、画像表示領域 I M の概観画像が、図 1 3 に示されるように変更される。

【 0 0 7 2 】

測点は、画像の奥行き方向の座標値に対応した径を持つ円で表される。例えば、測点を表わす円の直径は測点の奥行き方向の座標値の大きさに比例して大きく、又は小さくなり、2 つ以上の円が重なる場合には、図 1 3 に示されるように径の小さい円が径の大きい円の上に張付けられて表示される。また、同一視線上に複数の測点が存在する場合には、図 1 4 のように、複数の同心円によって表わされる。例えば、第 1 の実施形態のようにオペレータが概観画像上の縮退した領域付近の画素を選択すると、選択された画素から所定の画素範囲にある測点が検索されシステムコントロール回路 4 4 内のメモリに保持されるとともに、例えば最もカメラに近い測点を選択される。すなわち、テキストボックス T X 5 ～ T X 8 には指定領域の内のカメラに最も近い測点の測点名と 3 次元座標値が表示される。オペレータが更に選択した領域の画素をタップすると、メモリに保持された測点の中から順次遠方の測点を選択されテキストボックス T X 5 ～ T X 8 に表示される。この処理は循環的に行なわれ、選択が最も遠方の測点に達すると、次にタップされたときには、最も近い測点が再び選択される。

【 0 0 7 3 】

次に第 5 の実施形態に対する変形例について図 1 5、図 1 6 を参照して説明する。図 1 5 の表示では、縮退により複数の円が重なっている場合には、円を異なる色で塗りつぶし、複数の測点在同一視線方向にある場合には、図 1 6 のような表示となる。このとき、円を塗りつぶす色は、例えば所定のグラデーションで行なわれ、例えば、測点の奥行き方向の座標値に対応して遠い測点ほど暗い色で表示する。なお、その他の点に関しては、第 5 の実施形態の説明と同様である。

【 0 0 7 4 】

以上のように、本発明の第 5 の実施形態においても第 1 ～ 第 4 の実施形態と略同様の効果を得ることができる。また、第 5 の実施形態では、概観画像上におい

て縮退領域が明示的に示されるので、オペレータは、より簡単に測点の縮退位置を概観画像上で確認することが可能となる。また、変形例では、それぞれの円が異なる色で表示されるので、それぞれの測点をより容易に識別することが可能となる。

【 0 0 7 5 】

なお、第 5 の実施形態においては、メモリに保持された測点が順次繰り返し選択されたが、ポインティングペン等のポインティングデバイスで個々の円を選択可能な場合には、ポインティングデバイスを用いてオペレータが直接所望の測点を選択してもよい。

【 0 0 7 6 】

次に図 1 7 を参照して本発明の第 6 の実施形態について説明する。第 6 の実施形態は、第 5 の実施形態と略同様であり、図 1 7 は第 5 の実施形態の図 1 3 又は図 1 5 に対応する。第 5 の実施形態では、大きさの異なる円を用いて縮退している複数の測点を概観画像上に表わしたが、第 6 の実施形態では、異なる形状の図形を用いて縮退した状態を表わしている。例えば図 1 7 に示すように、第 6 の実施形態では、縮退していない測点（単点）は円で表わし、2 つの測点が近接し、そのマークが重なる（縮退する）場合には、×印を表示し、3 つ以上の測点が縮退する場合には、縮退した測点の数に対応した頂点を持つ正多角形を表示する。多角形の各頂点はその領域で縮退した各測点に対応しており、オペレータがポインティングデバイスを用いて所望の頂点を指定すると、その頂点に対応した測点に対応する測点名と 3 次元座標値がテキストボックス TX 5 ～ TX 8 に表示される。また、各辺の位置に測点の位置に対応（上側から時計周り各辺を、近距離側からの測点に対応させ、辺選択により測点番号、3 次元座標を表示）させてもよい。なお、図 1 7 は、本実施形態における表示方法を例示すものであり図 7 の測点の数とは一致しない。

【 0 0 7 7 】

図 1 8 は、第 6 の実施形態の表示方法の変形例である。図 1 7 では、異なる図形を用いて縮退した測点を概観画像上に表わしたが、変形例では、図 1 8 のように、縮退している測点を代表する位置（例えば測点の 2 次元座標値の平均値に対

応する位置)を円形で表わし、その円形に縮退した測点の数に対応する引出線を設け、その端に縮退している各測点名を表示する。オペレータが引出線の何れかを指定すると、その測点の測点名と3次元座標値がテキストボックスTX5～TX8に表示される。また、代表する位置で表示された測点の表示は、選択された時点で選択された測点の表示に変更してもよい。また、単点(縮退していない測点)は測点名を表示させてもよいし、させなくてもよい。

【0078】

以上により、第6の実施形態においても、第5の実施形態と略同様の効果を得ることができる。

【0079】

次に図19、図20を参照して本発明の第7の実施形態について説明する。第7の実施形態では、縮退ボタンDBがタップされると、図19のように概観画像上の測点と測点の間の距離が所定の範囲内にあり、複数の測点が例えば縮退した1つのクラスターと判定される場合に、例えば縮退した複数の測点の中心位置に、縮退した測点の数に対応する大きさのマーク(例えば円)を表示する。なお、縮退の有無に基づいて2種類の大きさのマークを表示しても良い。また、変形例としては、図20のように、縮退している位置に表示するマークの色と、縮退していない測点のマークの色とを異なる色で表示する。図20では縮退している部分を複数の点で表示しているが、変形例では、縮退している測点を代表する位置(例えば測点の2次元座標値の平均値に対応する位置)を1つの円形で表わしてもよい。(図示せず)また、別の変形例としては、測点の近くに測点名を表示する場合に、表示名の違いにより単点と縮退点(複数の測点が縮退している点)を区別してもよい。例えば単点は $m_1 \sim m_n$ 、縮退点は $M_1 \sim M_n$ (番号は測点番号)などのように、小文字と大文字とで単点と縮退点を区別することも可能である。

【0080】

以上により第7の実施形態においても、第6の実施形態と略同様の効果を得ることができる。

【0081】

なお、本実施形態では、概観画像上においてポインティングデバイスを用いて

任意に基準点を指定したが、撮影範囲内に例えば寸法が既知の基準尺や、任意に配置できる基準マーク等を配置し、これらを基準点として外部標定要素を求めてもよい。この場合、概観画像上において基準尺や基準マークの位置がポインティングデバイス等を用いて選択される。また基準尺や基準マークが用いられる場合には、例えば画像処理を用いて基準点の概観画像上の位置を自動的に検出してもよい。

【 0 0 8 2 】

本実施形態では、測量機として斜距離と（高度、水平）角度を測定可能なトータルステーションをあげたが、セオドライトに光波測距儀等組み合わせた装置等の所定の座標系における測点の 3 次元座標を算出可能な測量機であれば他の測量機であってもよく、例えば G P S (global positioning system) 等を利用した測量機であってもよい。また、測量機において測定される角度は、高度角、水平角以外の角度であってもよく、例えば斜平面内の 2 点の間の角度であってもよい。

【 0 0 8 3 】

本実施形態では携帯端末を例に説明を行なったが、このような機能を測量機やデジタルカメラに一体的に持たせてもよい。また、本実施形態においては、デジタルスチルカメラで撮影したデジタル画像で説明したが、デジタル画像得られるものであればビデオカメラ等でもかまわない。

【 0 0 8 4 】

なお、第 1 の実施形態において、指定された画素近傍の領域に複数の測点が縮退していると判定された場合、測点のリストを表示する代わりに警告音や、測点が縮退していることを知らせるメッセージを表示してもよい。また、第 1 ～ 第 6 の実施形態の各表示方法を様々に組み合わせることも可能である。

【 0 0 8 5 】

本実施形態では、測点に関わる測量情報は測量機を用いて測量された例で説明したが、測点として、既知の地理データや、測設測量のための測設点の位置情報、入力手段により概観画像上で任意に決めた測定設定点を表示させた場合に発生した縮退に使用してもよい。また測量機で測定した測点及び上記各点を混合して

表示した場合に発生した縮退に使用してもよい。

【0086】

但し、座標系の違う測量情報を使用する場合には測量情報を座標変換により1つの座標系に統一して行なうことがよい。これは、測点を概観画像上に表示する場合や基準点の測量情報により対応づけを行なう場合も同様である。（例えば、座標系の違う測点を表示させる場合。例えば基準点として、一部所与の測量データを使用する場合などは測量現場での測量座標と違う場合があり、その場合には所与の測量データを座標変換して測量現場の座標値に変換して使用する。又逆を行ってもよい）

【0087】

本実施形態では、デジタルスチルカメラ位置からの距離により、測点表示の大きさ、色等を変更したが、測量機からの距離に応じて変更してもよい。また任意座標値での値に変換してもよい。

【0088】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、測量機で得られる測量情報をカメラで得られる測量現場の画像情報に簡便かつ効率的に関連付けるとともに、関連付けられた測量情報に関して視認性の高い表示を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明における第1の実施形態である測量システムの構成を概略的に示すブロック図である。

【図2】

第1の実施形態の測量システムにおける測量手順を示すフローチャートである。

【図3】

第1の実施形態の測量システムにおける測量機およびカメラの配置を概念的に示す図である。

【図4】

第 1 の実施形態の測量システムにおける測量手順の変形例を示すフローチャートである。

【図 5】

3 つの基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 と撮像面 S における像点 P_1' 、 P_2' 、 P_3' との関係を図式的に示す図である。

【図 6】

デジタルスチルカメラの位置および傾きを表す外部標定要素 (X_0 , Y_0 , Z_0 , ω , ϕ , κ) 及びカメラの内部定位要素 (f , D_2 , D_4 , D_6 , N_1 , N_2 , X_C , Y_C) を算出する空間後方交会法のプログラムのフローチャートである。

【図 7】

概観画像を表示するウィンドウの基本的な表示例である。

【図 8】

第 1 の実施形態において縮退された測点の表示を行なうときの作業手順を示すフローチャートである。

【図 9】

第 1 の実施形態の縮退表示における測点のリスト表示である。

【図 10】

第 2 の実施形態の縮退表示における測点の水平面表示である。

【図 11】

第 3 の実施形態において縮退部を拡大表示するウィンドウである。

【図 12】

第 4 の実施形態における縮退表示を行なうウィンドウである。

【図 13】

第 5 の実施形態において概観画像上に縮退表示を行なったときのウィンドウの一例である。

【図 14】

図 13 において、測点が同一視線上に存在するときの測点マークの表示例である。

【図 15】

第 5 の実施形態の変形例において概観画像上に縮退表示を行なったときのウィンドウの一例である。

【図 1 6】

図 1 5 において、測点が同一視線上に存在するときの測点マークの表示例である。

【図 1 7】

第 6 の実施形態において概観画像上に縮退表示を行なったときのウィンドウの一例である。

【図 1 8】

第 6 の実施形態の縮退した測点の表示方法の変形例である。

【図 1 9】

第 7 の実施形態において概観画像上に縮退表示を行なったときのウィンドウの一例である。

【図 2 0】

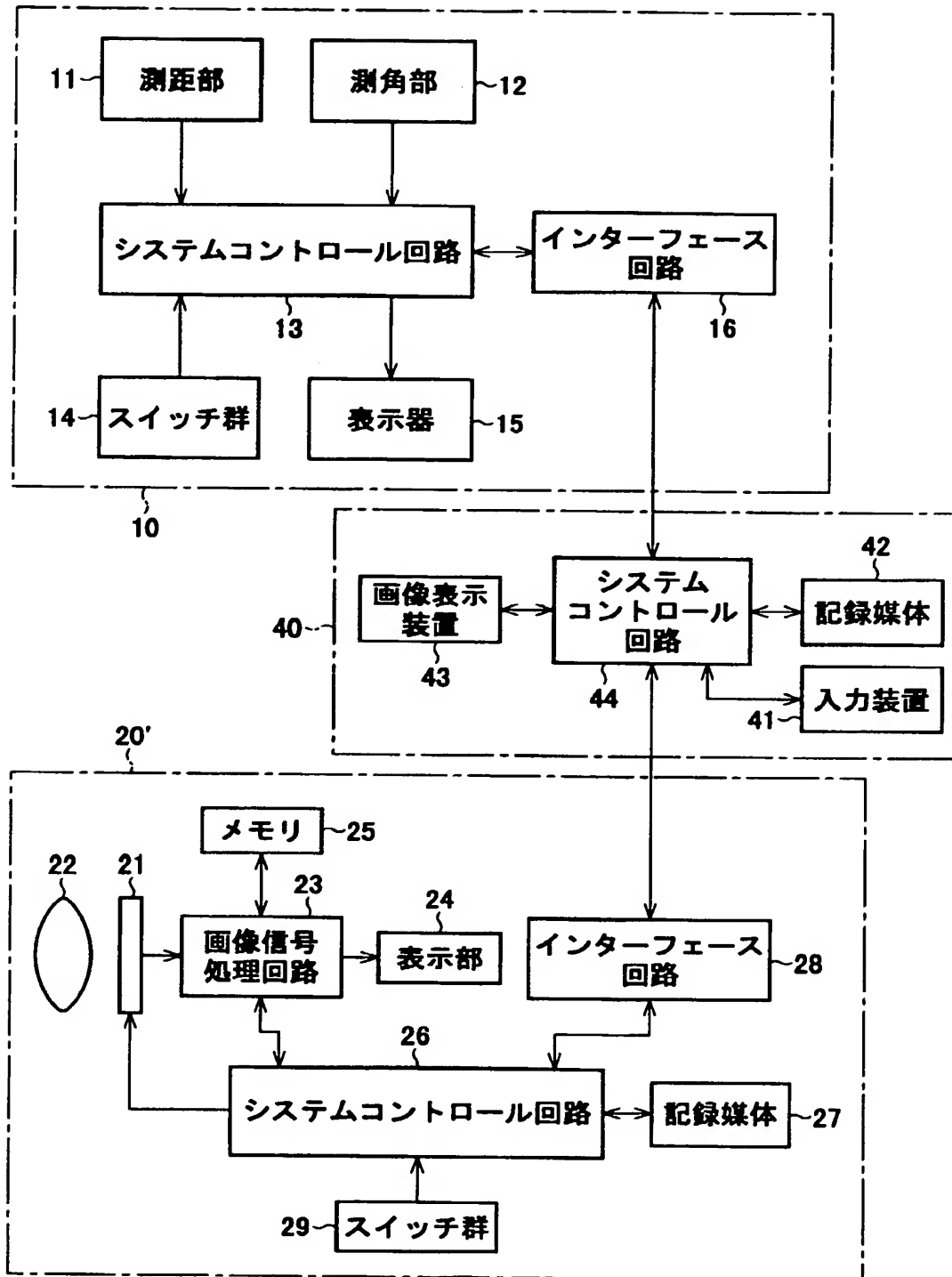
第 7 の実施形態の縮退した測点の表示方法の変形例である。

【符号の説明】

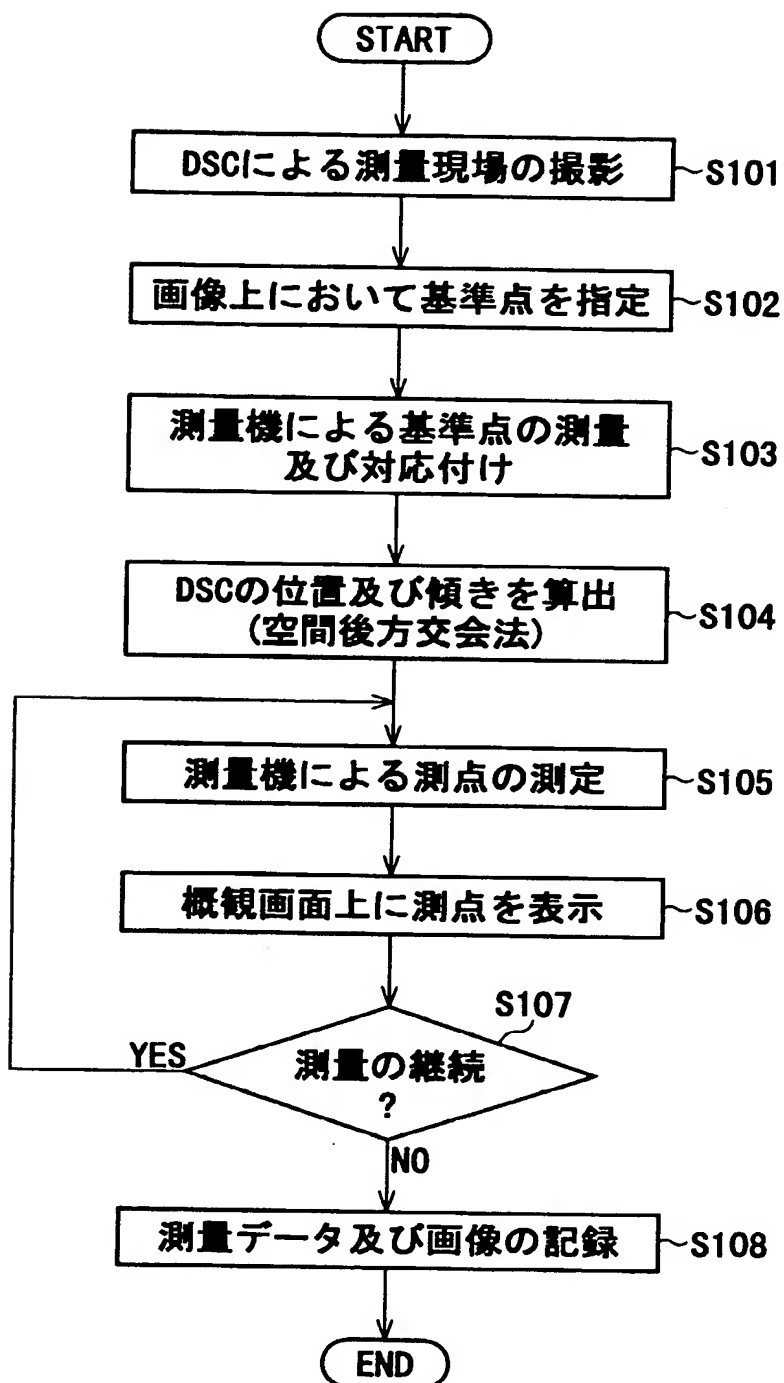
- 1 0 測量機
- 2 0 デジタルスチルカメラ
- 4 0 測量支援装置（携帯端末）
- 4 1 入力装置
- 4 2 記録媒体
- 4 3 画像表示装置
- 4 4 システムコントロール回路

【書類名】 図面

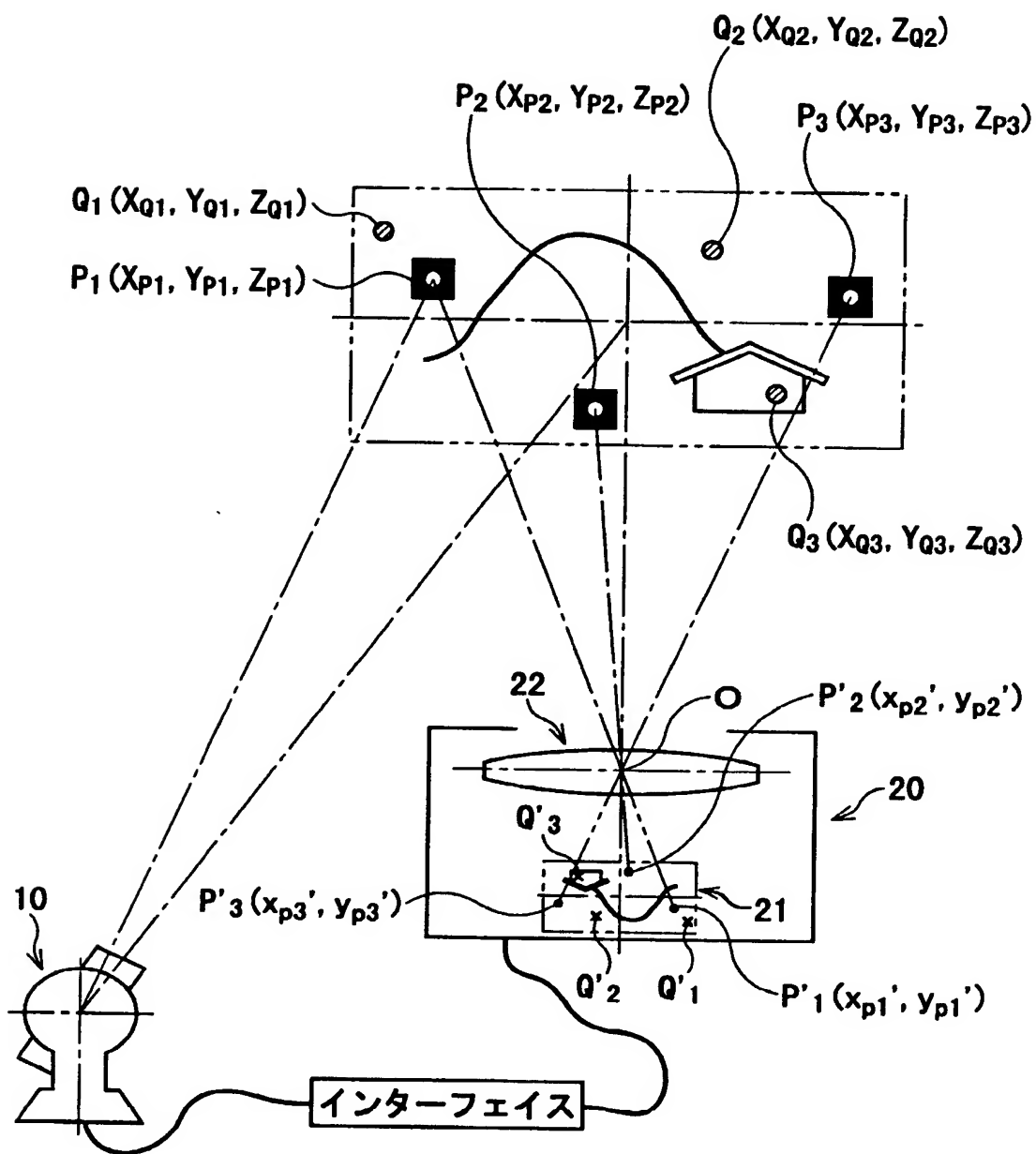
【図 1】



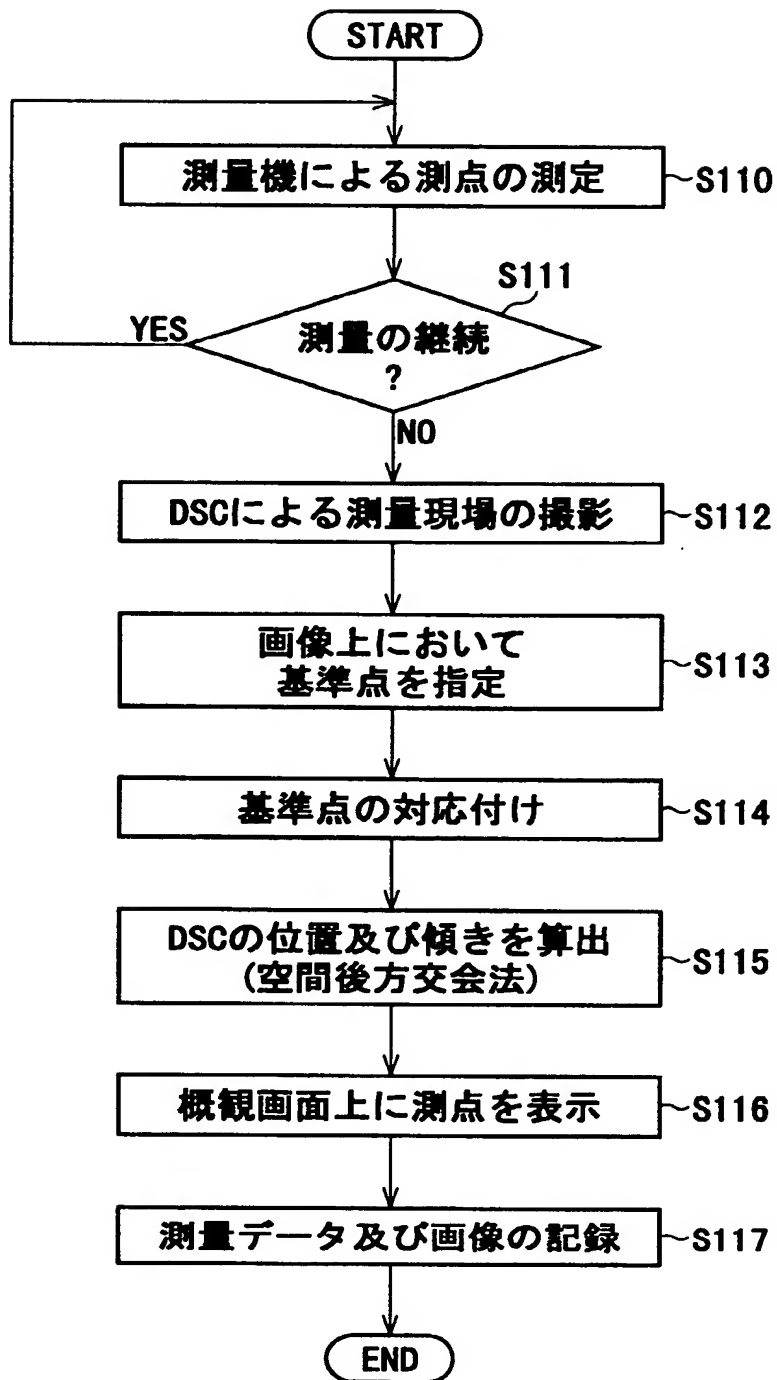
【図 2】



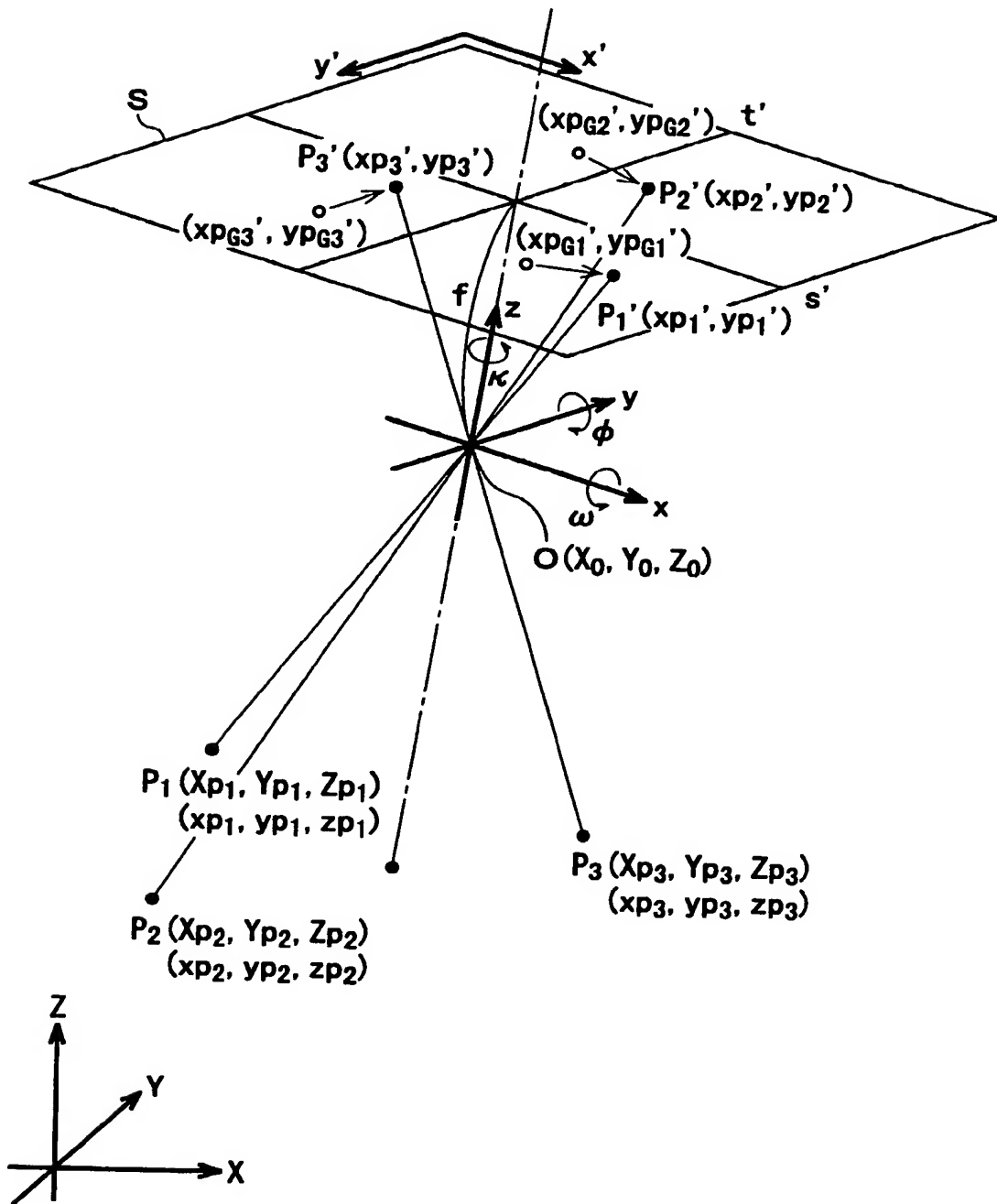
【図 3】



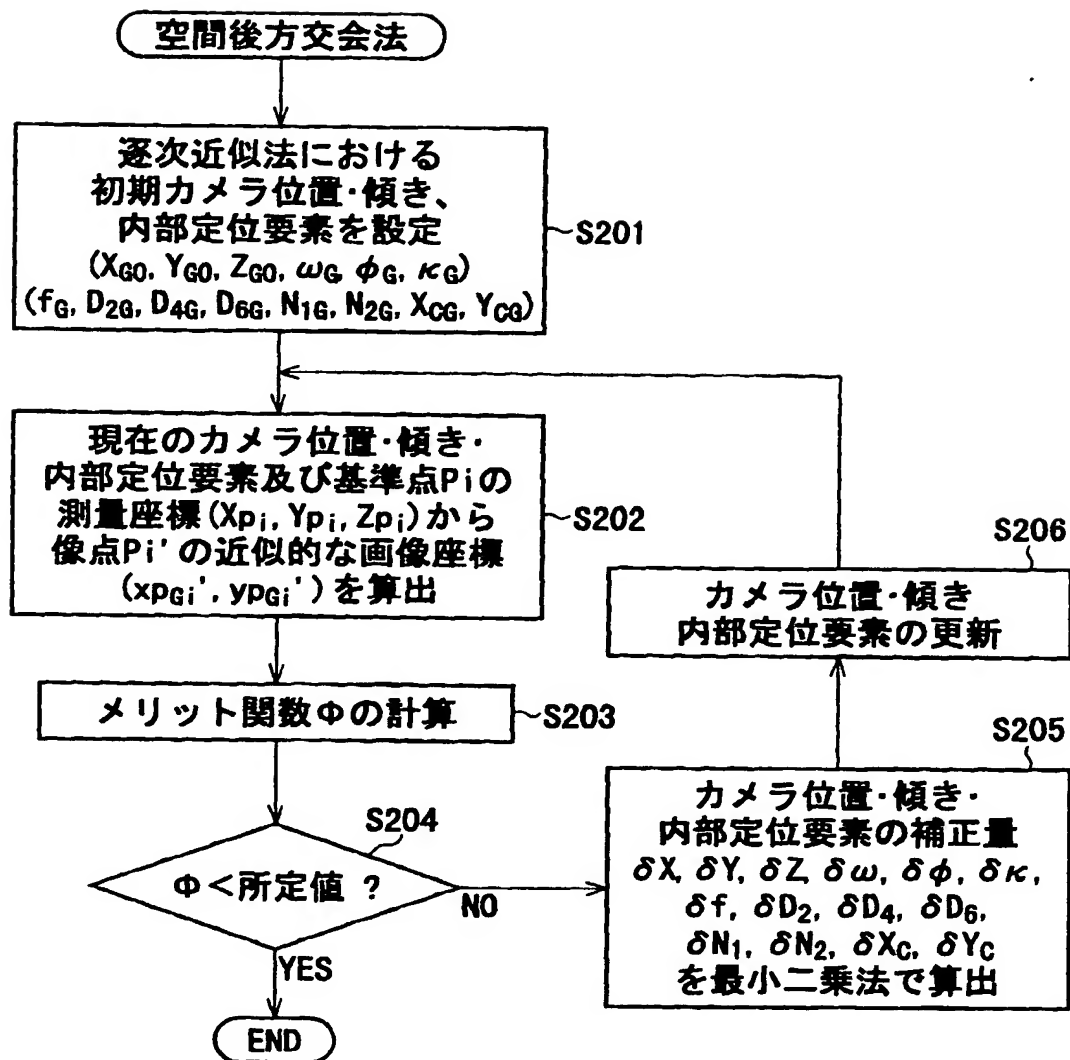
【図 4】



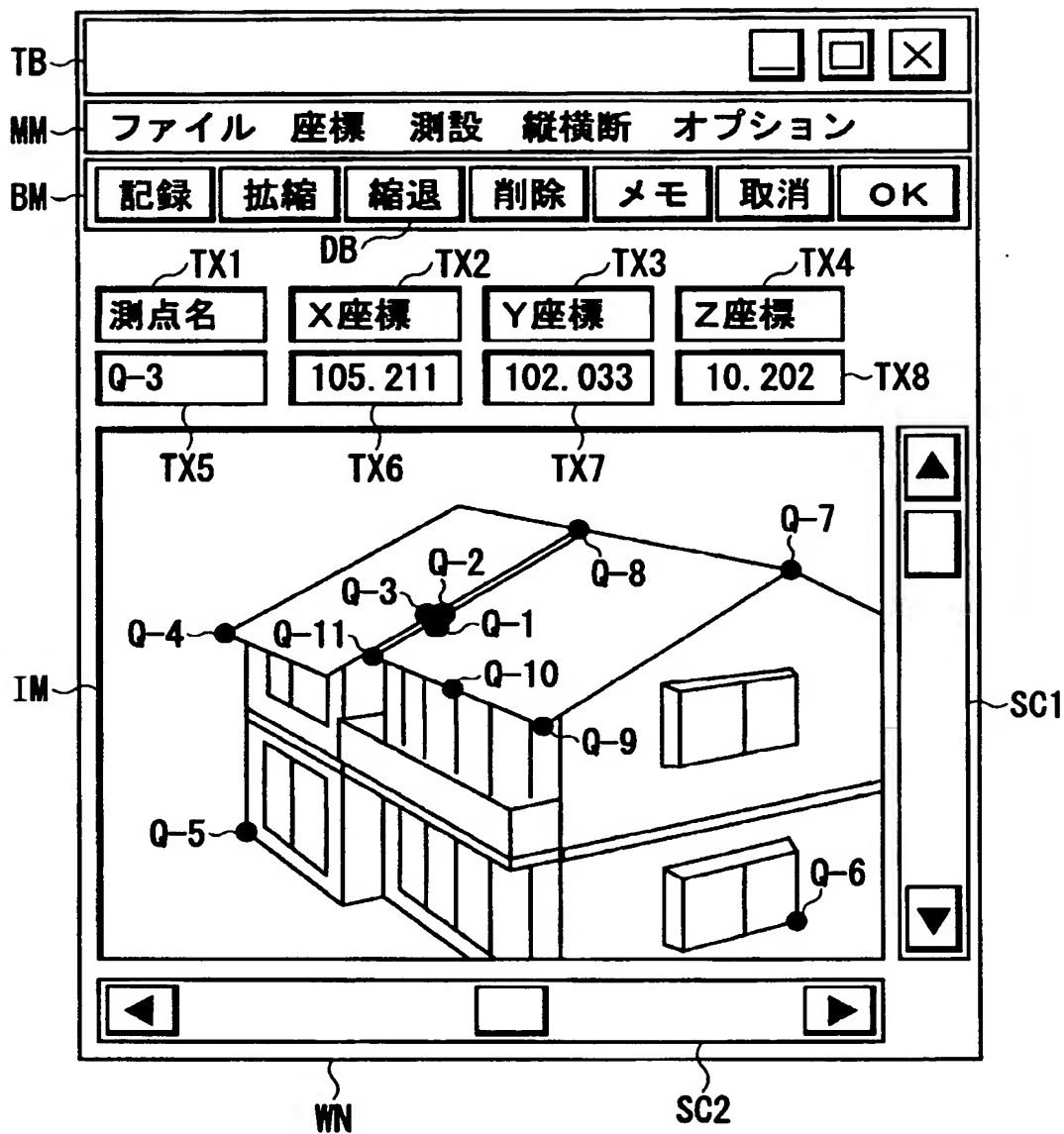
【図5】



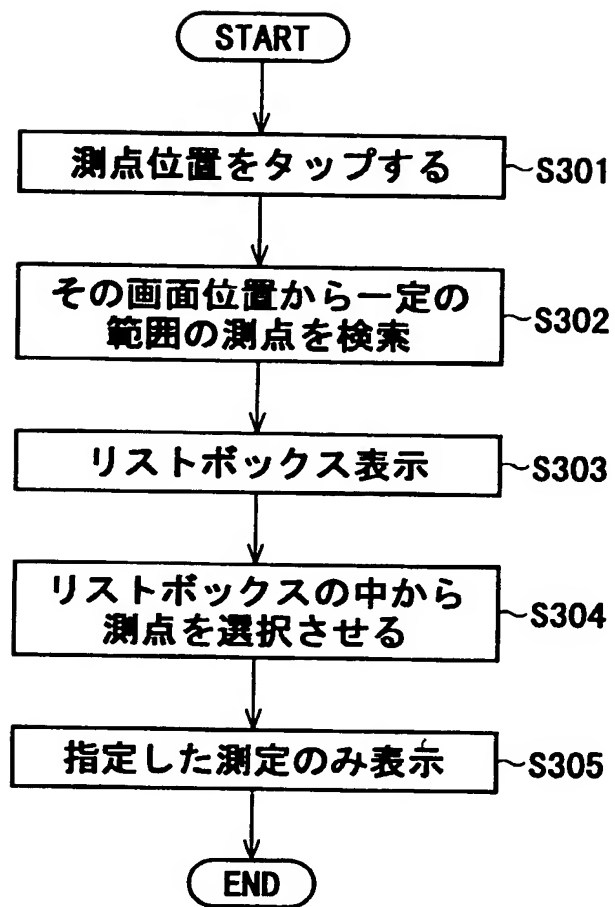
【図 6】



【図 7】



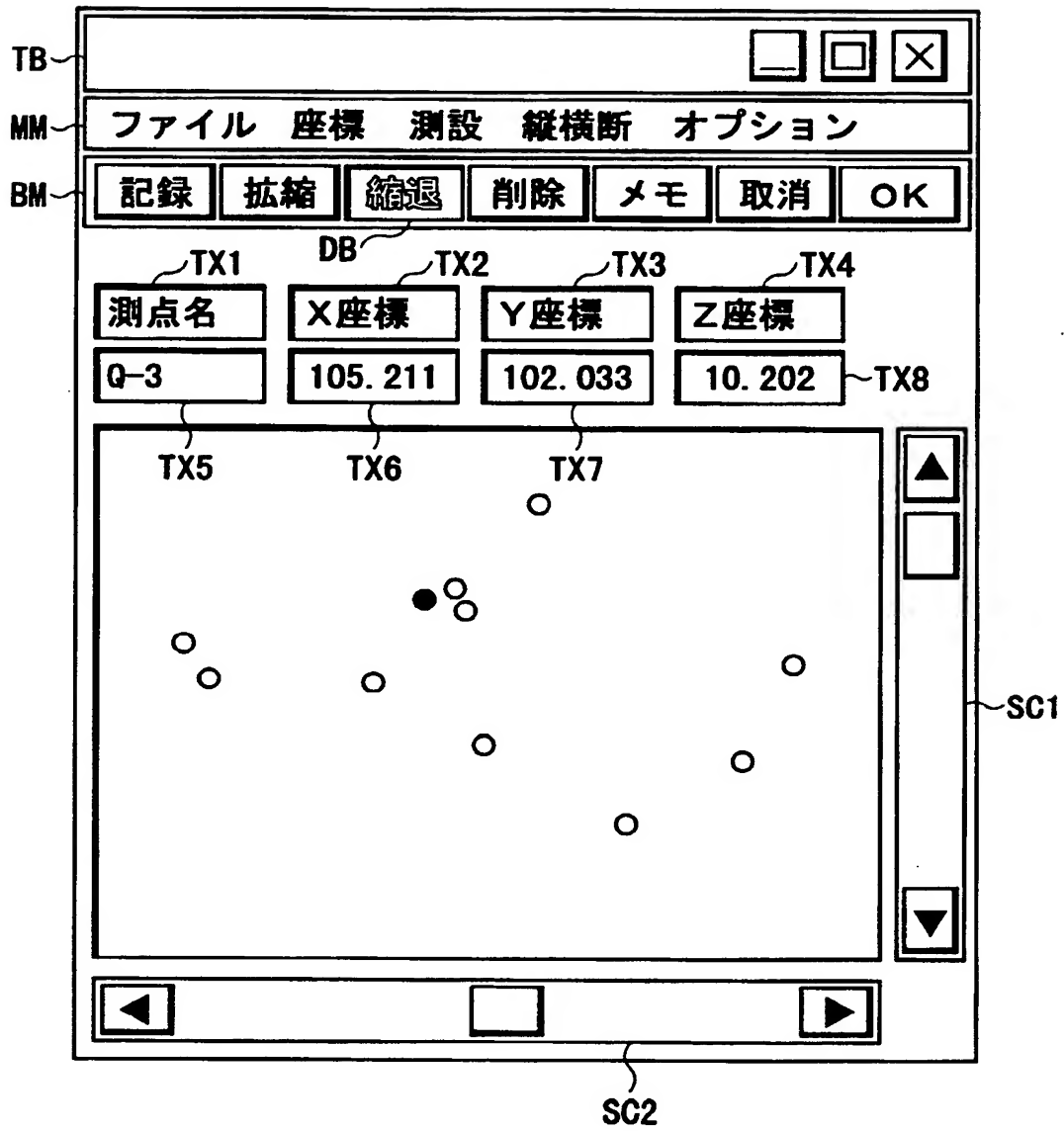
【図 8】



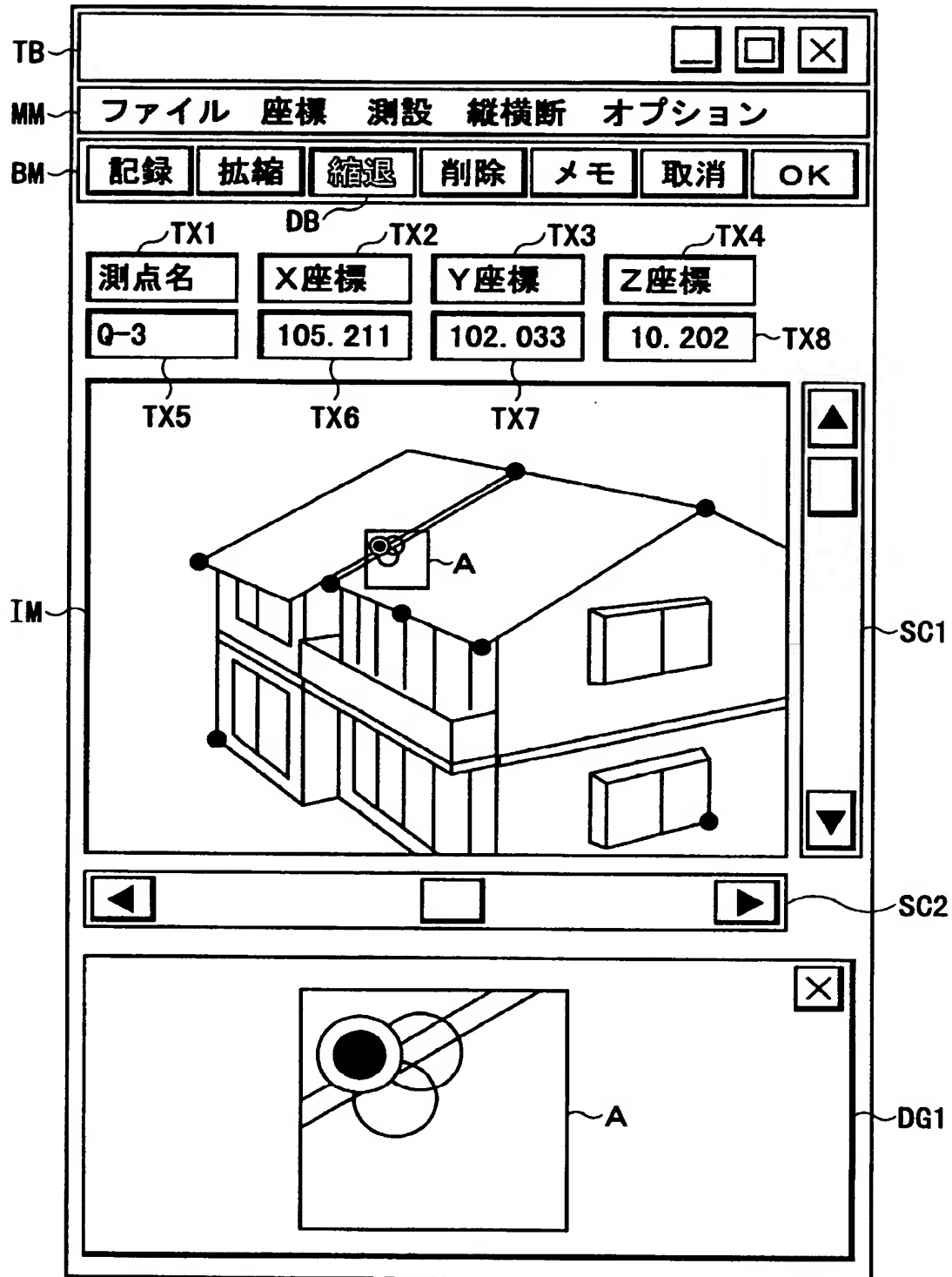
【図 9】

測点名	X座標	Y座標	Z座標
Q-1	100. 000	100. 002	9. 000
Q-2	102. 002	102. 213	15. 000
Q-3	105. 211	102. 033	10. 202

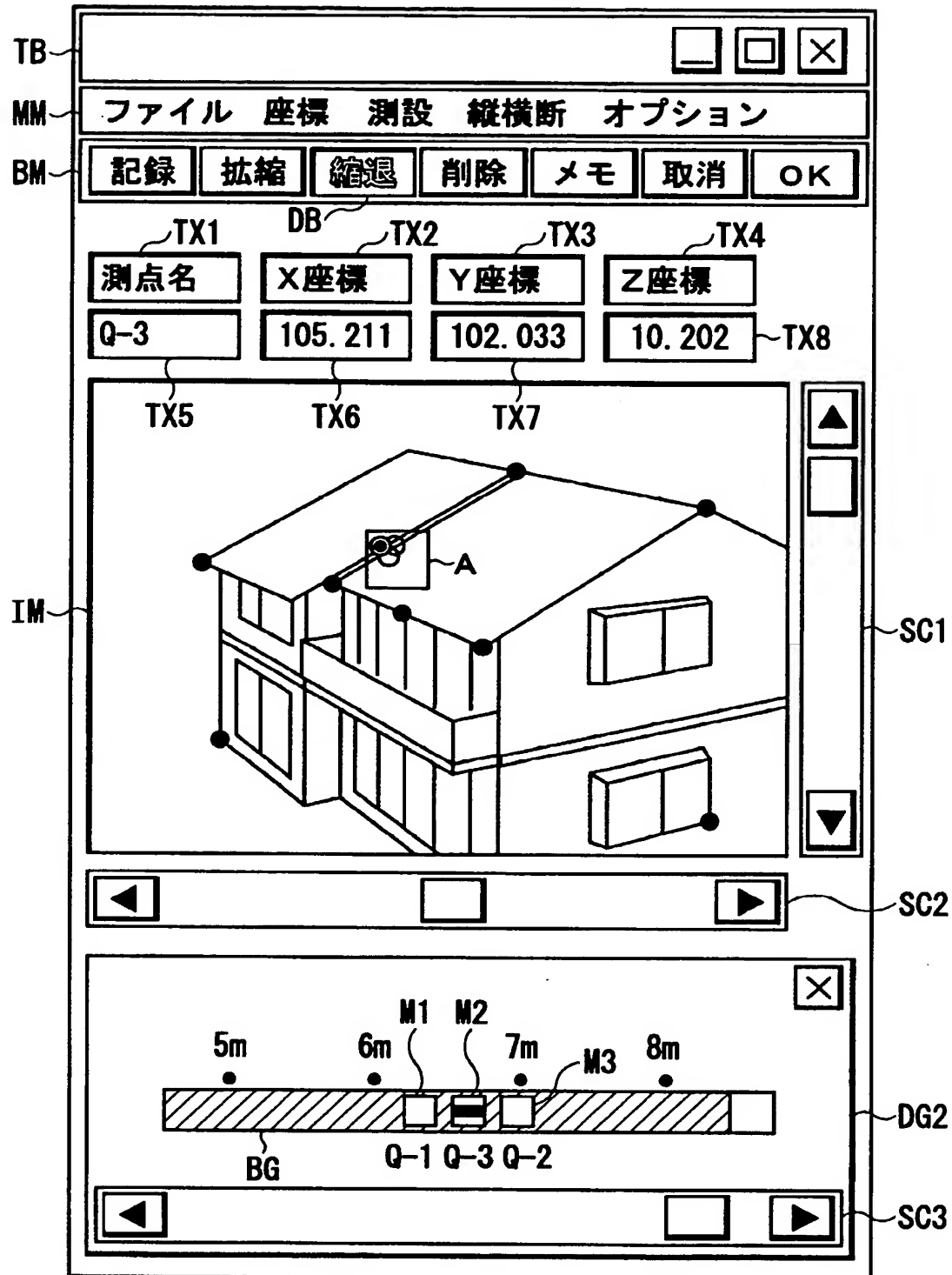
【図 10】



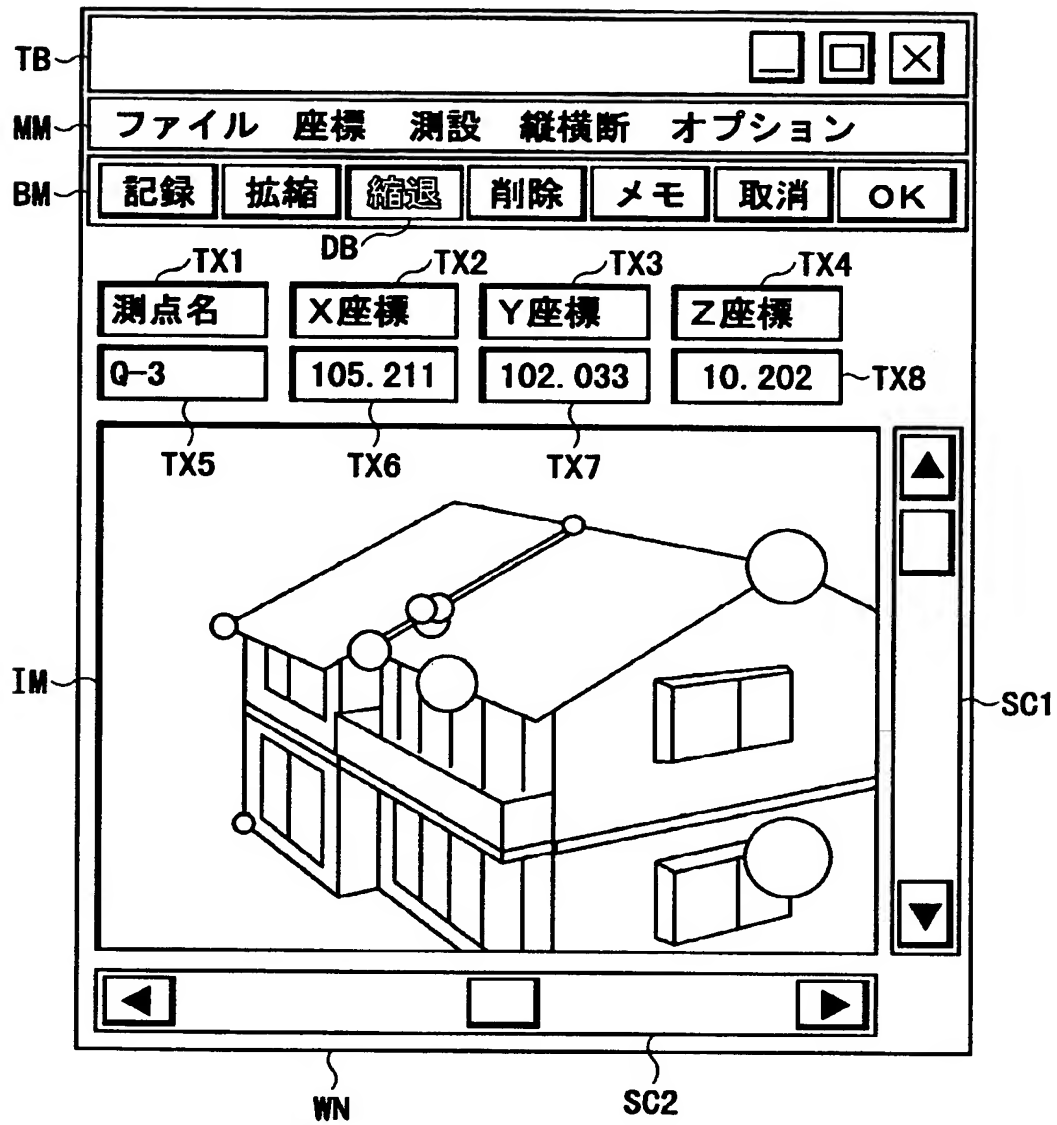
【図 11】



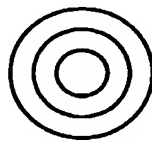
【図 12】



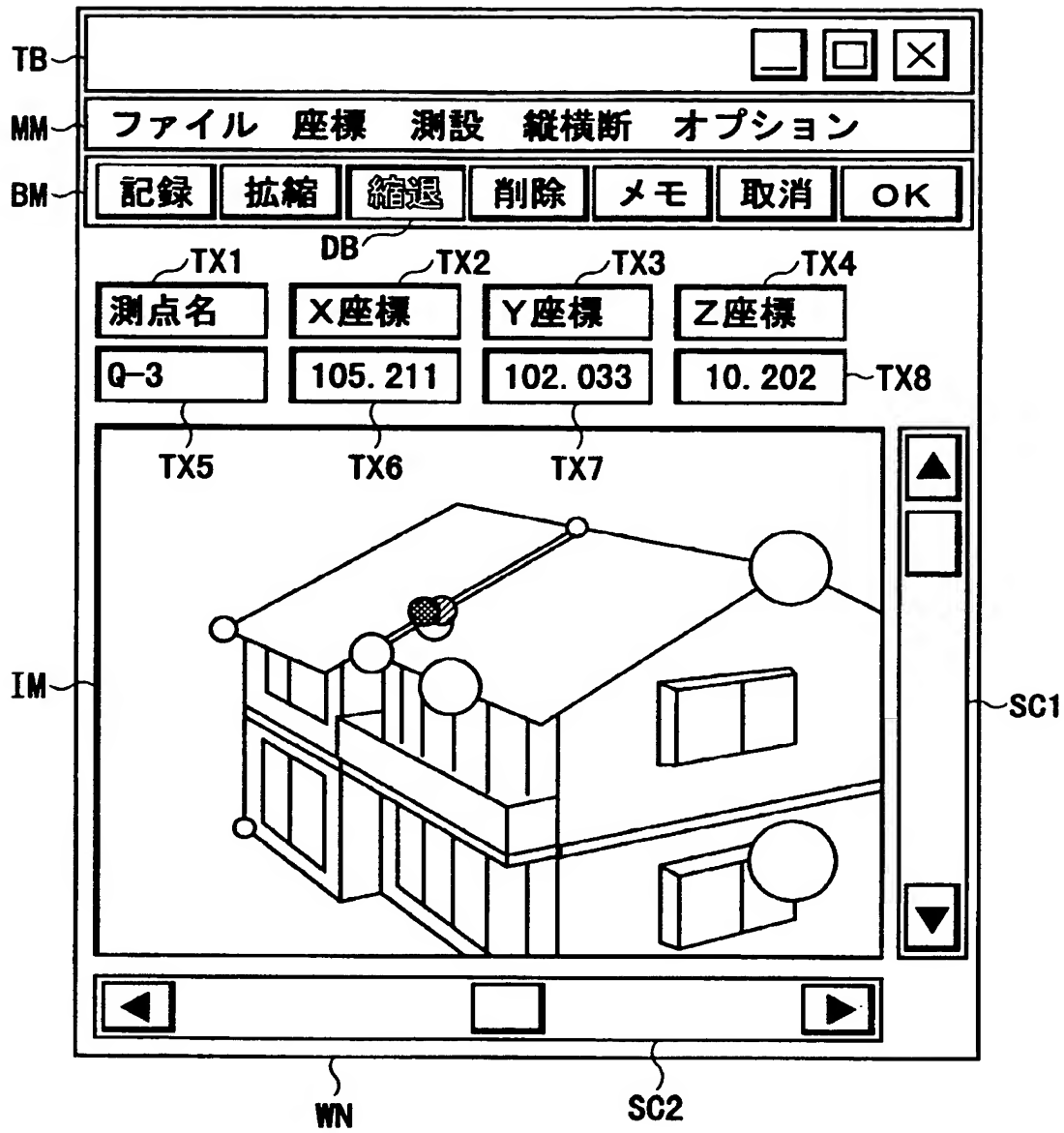
【図 13】



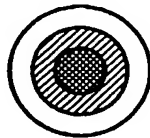
【図 14】



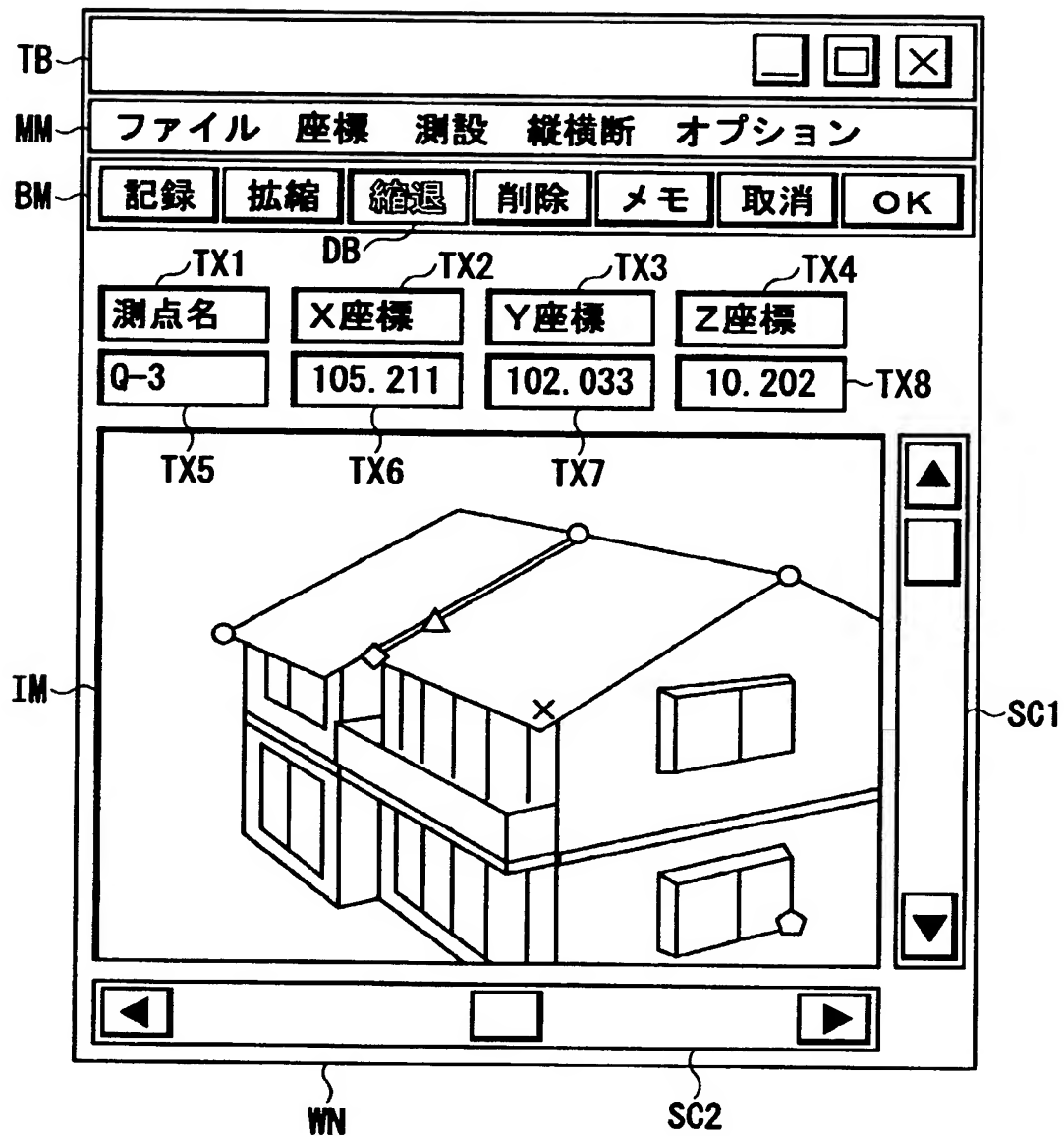
【図 1 5】



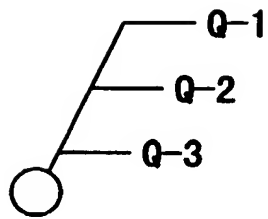
【図 1 6】



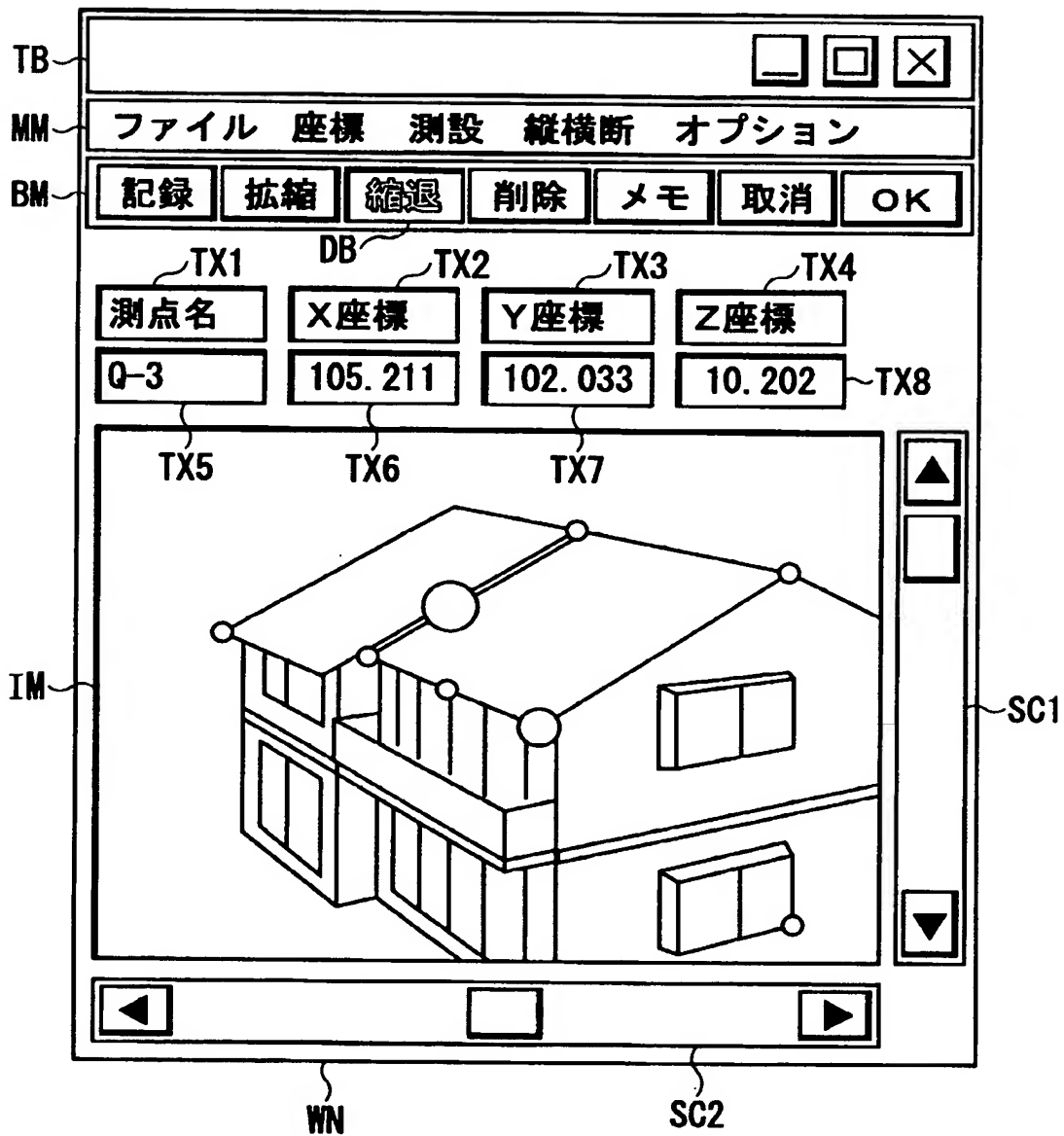
【図 17】



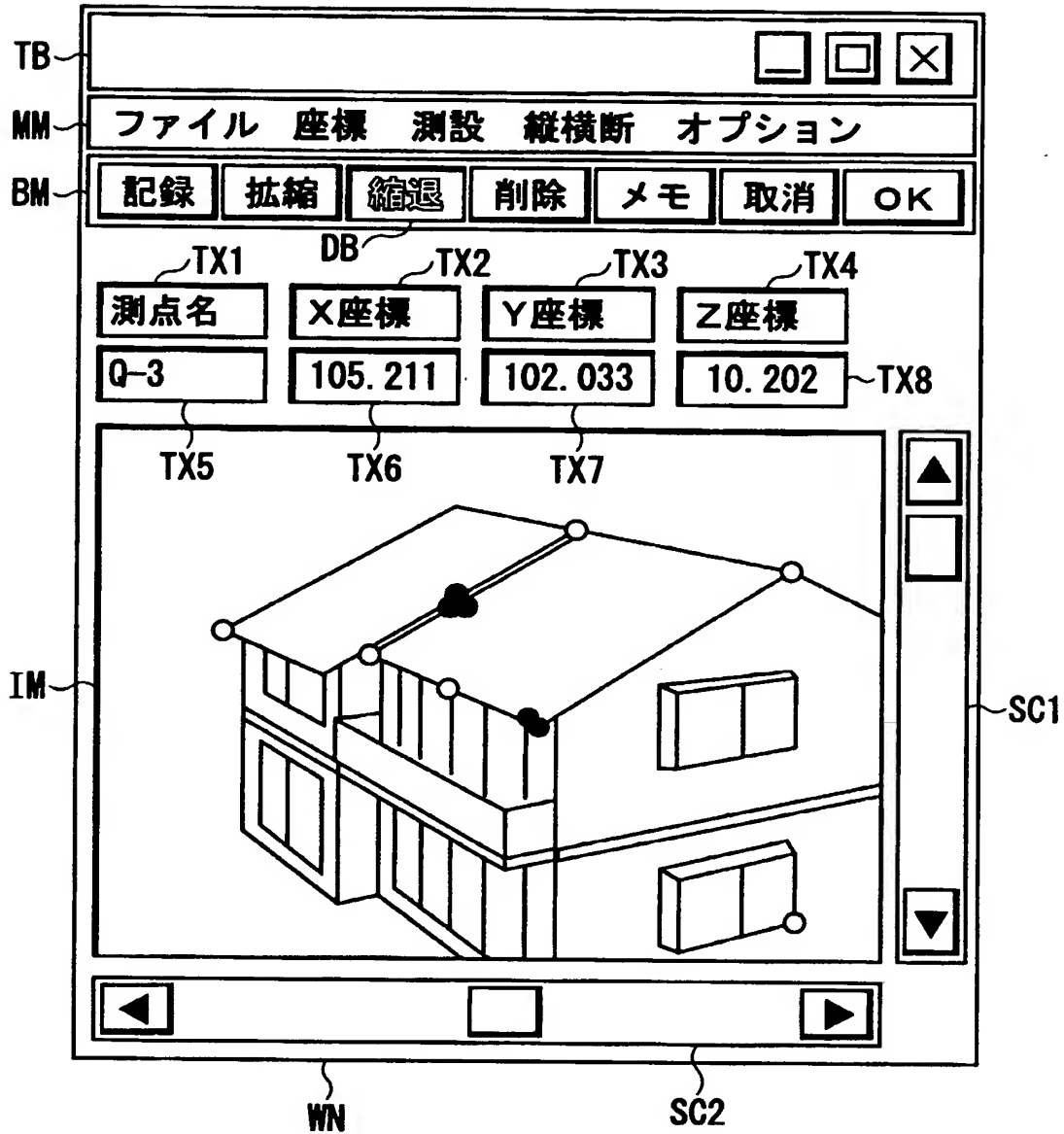
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 測量機で得られる測量情報をカメラで得られる測量現場の画像情報に簡便かつ効率的に関連付ける。また、関連付けられた測量情報に関して視認性の高い表示を行なう。

【解決手段】 デジタルスチルカメラ 2 0 により測量現場の概観画像を撮影する。概観画像上において 3 つの基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 を指定する。トータルステーション等の測量機 1 0 により基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 の位置を測量する。測量された基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 の実空間上の位置と、これらの基準点 P_1 、 P_2 、 P_3 の概観画像上の位置とから、デジタルスチルカメラ 2 0 の測量機 1 0 に対する位置および傾きを求める。測量機 1 0 を用いて概観画像内の任意の測点 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 を測定する。デジタルスチルカメラ 2 0 の位置および傾きから測点 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 を概観画像上に表示する。概観画像上で複数の測点が重なっている場合、その領域に対し測点が重なっていることを示す表示を行なう。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000527]

1. 変更年月日 1990年 8月10日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都板橋区前野町2丁目36番9号
氏 名 旭光学工業株式会社
2. 変更年月日 2002年10月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都板橋区前野町2丁目36番9号
氏 名 ペンタックス株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000116998]

1. 変更年月日 2002年 4月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都練馬区東大泉2丁目5番2号
氏 名 ペンタックス プレシジョン株式会社